



TUGAS AKHIR TK 145501

**PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH CAIR
INDUSTRI SAUS MENGGUNAKAN
BIOREAKTOR *FIXED-DOME***

**Fanina Aulia Rachma
NRP. 2313 030 052**

**Avidata Sarah Anggraeni
NRP. 2313 030 056**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Soeprjanto, M.Sc
NIP. 19580708 198701 1 001**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK KIMIA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**



FINAL PROJECT TK 145501

PRODUCTION BIOGAS FROM LIQUID WASTE OF SAUCE INDUSTRY USING FIXED-DOME BIOREACTOR

Fanina Aulia Rachma
NRP. 2313 030 052

Avidata Sarah Anggraeni
NRP. 2313 030 056

Lecturer
Prof. Dr. Ir. Soeprjanto, M.Sc
NIP. 19580708 198701 1 001

DEPARTMENT DIPLOMA OF CHEMICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN TUGAS AKHIR DENGAN JUDUL :
PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH CAIR
INDUSTRI SAUS MENGGUNAKAN BIOREAKTOR
FIXED-DOME

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing




Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc
NIP. 19580708 198701 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi
DIII Teknik Kimia FTI-ITS

Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS



Ir. Agung Subyakto, M.S.
NIP. 19580312 198601 1 001



Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT
NIP. 19830308 201012 2 007

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN TUGAS AKHIR

Telah diperiksa dan disetujui sesuai dengan hasil ujian tugas akhir pada tanggal 14 Juni 2016 untuk tugas akhir dengan judul “Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Industri Saus Menggunakan Bioreaktor *Fixed-Dome*”, yang disusun oleh :

FANINA AULIA RACHMA (NRP 2313 030 052)
AVIDATA SARAH ANGGRAENI (NRP 2313 030 056)

Mengetahui / menyetujui

Dosen Penguji



Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA
NIP. 19600624 198701 1 001



Ir. Elly Agustiani, M.Eng
NIP. 19580819 198503 2 003

Mengetahui,

**Koordinator Tugas Akhir
DIII Teknik Kimia FTI-ITS**



Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT
NIP. 19830308 201012 2 007

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc
NIP. 19580708 198701 1 001

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : FANINA AULIA RACHMA
Nrp. : 2313 030 052
Jurusan / Fak. : D3 TEKNIK KIMIA - FTI
Alamat kontak : PERUMDA BLOK T-7 BOJONEGORO
a. Email : faninaninano@gmail.com
b. Telp/HP : 085733090822

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI SAUS MENGGUNAKAN
BIOREAKTOR FIXED DOME

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dosen Pembimbing 1



PROF. DR. IR. SOEPRIJANTO, M.Sc.

NIP. 195808081987011001

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal :

Yang menyatakan,


FANINA AULIA R.

Nrp. 2313 030 052

KETERANGAN :

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya :

Nama : AVIDATA SARAH ANGGRAENI
Nrp. : 2313030056
Jurusan / Fak. : D3 TEKNIK KIMIA - FTI
Alamat kontak : SIMOHILIR TIMUR BLOK 11/3
a. Email : avidata13@kms.chem-eng.its.ac.id
b. Telp/HP : 089677533345

Menyatakan bahwa semua data yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusive Royalti-Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul :

"PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI SAUS MENGGUNAKAN
BIOREAKTOR FIXED DOME"

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta. Saya bersedia menanggung secara pribadi, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya Ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Surabaya

Pada tanggal : 1 JULI 2016

Yang menyatakan,

Dosen Pembimbing 1


PROF. DR. IR. SOEPRIJANTO, M.Sc.

NIP. 19580708 198701 1001



AVIDATA SARAH A.

Nrp. 2313 030 056

KETERANGAN :

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan di bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia dan ridho-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI SAUS MENGGUNAKAN BIOREAKTOR *FIXED-DOME*”**. Sholawat serta salam kepada junjungan Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan sebagai persyaratan kelulusan program studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah mahasiswa dapat memahami dan mampu mengenal proses pembuatan produk pada industri terutama industri kimia yang telah dipelajari di bangku perkuliahan serta aplikasinya dalam sebuah pembuatan produk (Inovasi Produk)

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya atas selesainya Tugas Akhir ini, penulis ucapkan kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, antara lain kepada :

1. Kedua orang tua kami yang senantiasa mendoakan dan mendukung setiap langkah kami serta jasa-jasa lain yang terlalu sulit diungkapkan.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Suprpto, DEA selaku dosen penguji Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
4. Ibu Ir. Elly Agustiani M.Eng selaku dosen penguji Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

5. Bapak Ir. Agung Subyakto, MS selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Ibu Warlinda Eka Triastuti, S.Si, MT selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
7. Bapak Agus Surono, MT selaku Dosen Wali Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
8. Segenap dosen, staf dan karyawan Program Studi DIII Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
9. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan di sini yang telah membantu terselesainya Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis mengucapkan mohon maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak jika dalam proses awal sampai akhir penulisan Tugas Akhir ini ada kata-kata atau perilaku yang kurang berkenan. Terimakasih atas perhatiannya dan kerjasamanya.

Surabaya, Juni 2016

Penulis

PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH CAIR INDUSTRI SAUS MENGGUNAKAN BIOREAKTOR FIXED-DOME

Nama Mahasiswa : Fanina Aulia Rachma (2313030052)
Avidata Sarah Anggraeni (2313030056)
Jurusan : D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc

ABSTRAK

Biogas merupakan sumber energi terbarukan yang dihasilkan secara anaerobic digestion atau fermentasi anaerob dari bahan organik seperti sampah, sisa-sisa makanan. Pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku biogas tentu akan memberikan efek ganda dalam menyediakan energi yang dapat diperbaharui. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh HRT pada 4,7,10 hari terhadap hasil biogas secara kualitatif, mengetahui pengaruh penambahan proses pemurnian dan tanpa proses pemurnian terhadap hasil produksi biogas secara kualitatif dan kuantitatif.

Adapun metode penelitian ini tahap persiapan bahan baku, tahap proses pembuatan produk antara lain tahapan pertama adalah limbah cair di masukan ke dalam reaktor fixed dome hingga memenuhi kapasitas, selanjutnya mengalirkan limbah cair ke dalam reaktor dengan HRT 4,7,10 hari sesuai dengan debit masing-masing HRT selama 10 hari. Biogas yang dihasilkan ditampung dalam plastik berbentuk tabung, lalu volume biogas yang dihasilkan diukur dengan menggunakan gelas ukur.

Penelitian ini menghasilkan volume biogas yang paling tinggi pada HRT 10 hari dengan volume rata-rata sebesar 370,5 ml dan volume akumulatif sebesar 19.775 ml. Persen COD removal yang paling tinggi pada HRT 10 hari sebesar 88,67%. Persen komposisi biogas tanpa pemurnian adalah 34,15% metana, 16,45% karbon dioksida dan 50,48% udara, sedangkan pada biogas dengan pemurnian sebesar 25,06% metana, 0,39% karbon dioksida dan 74,53% udara.

Kata kunci : Biogas, HRT, Metana, Limbah Cair Industri Saus

PRODUCTION BIOGAS FROM LIQUID WASTE OF SAUCE INDUSTRY USING FIXED-DOME BIOREACTOR

Student Name : Fanina Aulia Rachma (2313030052)
Avidata Sarah Anggraeni (2313030056)
Departement : D3 Teknik Kimia FTI-ITS
Lecture : Prof. Dr. Ir. Soeprijanto, M.Sc

ABSTRACT

Biogas is a renewable energy source produced by anaerobic digestion or anaerobic fermentation of organic material such as waste, leftovers. Utilization of organic waste as biogas feedstock will certainly provide a double effect in providing renewable energy. The purpose of this study was to determine the effect of HRT on days 4,7,10 the biogas yield qualitatively determine the effect of the purification process and without the purification process of the production of biogas qualitatively and quantitatively.

The method of this study raw material preparation stage, the stage of the product manufacturing process, among others, the first stage is the liquid waste input into the fixed dome reactor to meet the capacity, then drain the liquid waste into the reactor with HRT 4,7,10 days in accordance with debit HRT for 10 days. The biogas produced is collected in a plastic tubular, and the volume of biogas produced was measured by using a measure glass

This research resulted in the highest biogas in HRT of 10 days with average volume of 370.5 ml and accumulative volume amounted to 19 775 ml. Percent COD removal highest in HRT of 10 days amounted to 88.67%. Percent composition without purification of biogas are 34.15% of methane, 16.45% of carbon dioxide and 50.48% of air, while the biogas with a purification are 25.06% of methane, 0.39% of carbon dioxide and 74.53% of air.

Keywords: Biogas, HRT, Methane, Industrial Waste Sauce

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR GRAFIK	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Perumusan Masalah.....	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-2
I.4 Tujuan Inovasi Produk	I-3
I.5 Manfaat Inovasi Produk	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Sejarah Biogas	II-1
II.2 Definisi Biogas.....	II-2
II.3 Sifat Kimia Biogas	II-3
II.4 Proses Pembuatan Biogas dan Reaksi.....	II-4
II.5 Faktor Pembentukan Biogas	II-8
II.6 Reaktor Biogas.....	II-11
II.7 Kandungan dan Komposisi Biogas	II-15
II.8 Manfaat Biogas	II-18
II.9 Pemanfaatan Limbah Cair Industri Saus.....	II-19
II.10 Pemurnian Biogas	II-21
BAB III METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK	
III.1 Tahap Pelaksanaan	III-1
III.2 Bahan yang Digunakan	III-1
III.3 Peralatan yang Digunakan	III-1
III.4 Variabel yang Digunakan	III-2
III.5 Prosedur Pembuatan	III-3
III.5.1 Tahap Persiapan.....	III-3
III.5.2 Tahap Proses Pembuatan Produk	III-3
III.5.3 Tempat Pelaksanaan	III-3

III.6 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi	III-5
III.7 Diagram Blok Pembuatan Produk	III-7
III.8 Spesifikasi Alat	III-8
BAB IV HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Hasil Percobaan	IV-1
IV.1.1 Pengaruh Hydraulic Retention Time (HRT) 4, 7, 10 hari Terhadap Volume Biogas	IV-5
IV.1.2 Pengaruh Hydraulic Retention Time (HRT) Terhadap Persen COD Removal	IV-7
IV.1.3 Pengaruh Hydraulic Retention Time (HRT) Terhadap Nilai Akhir pH	IV-8
IV.1.4 Hasil Analisa Komposisi Biogas	IV-8
IV.2 Pembahasan	IV-3
IV.2.1 Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time (HRT)</i> Terhadap Produksi Biogas	IV-9
IV.2.2 Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time (HRT)</i> Terhadap Persen Removal COD	IV-9
IV.2.3 Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time (HRT)</i> Terhadap Nilai pH akhir	IV-10
IV.2.4 Pemurnian Biogas dengan Metode absorpsi menggunakan Larutan NaOH 0,1 N	IV-11
BAB V NERACA MASSA DAN ENERGI	
V.1 Neraca Massa	V-2
V.1.1 Neraca Massa Fermentasi	V-2
V.1.2 Reaksi Pada Glukosa	V-4
V.1.3 Reaksi Pada Maltosa	V-5
V.1.4 Neraca Massa Absorber	V-6
V.2 Neraca Energi	V-8
V.2.1 Neraca Panas Pada Glukosa	V-8
V.2.2 Neraca Panas Pada Maltosa	V-17
BAB VI ANALISIS KEUANGAN	
VI.1 Anggaran Biaya Pembuatan Produk	VI-1
VI.2 Harga Pokok Penjualan	VI-4
VI.3 <i>Break Even Point</i> (BEP)	VI-5
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	

VII.1 Kesimpulan	VII-1
VII.2 Saran	VII-2
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR PUSTAKA	xii
APPENDIKS A	A-1
APPENDIKS B	B-1

DAFTAR TABEL

Tabel II.1.	Komponen Utama Biogas.....	II-3
Tabel II.2.	Potensi Biogas yang dihasilkan Oleh Beberapa Substrat	II-4
Tabel II.3.	Macam-macam Bakteri penghasil Metan	II-3
Tabel II.4.	Kondisi Optimum Produksi Biogas	II-3
Tabel II.5.	Komposisi Biogas.....	II-3
Tabel II.6.	Kalor Pembakaran Biogas dan Natural Gas	II-3
Tabel II.7.	Rasio C/N Untuk Berbagai Bahan Organik.....	II-3
Tabel IV.1.	Volume Biogas pada HRT 4,7,dan 10 Hari	IV-3
Tabel IV.2.	Volume Biogas Akumulatif pada HRT 4,7 dan 10 hari	IV-4
Tabel IV.3.	Nilai Persen COD Removal Pada HRT 4,7 dan 10 hari.....	IV-3
Tabel IV.4.	Nilai pH Akhir pada HRT 4,7,dan 10 Hari	IV-3
Tabel V.1.	Komposisi Limbah Cair.....	V-1
Tabel V.2.	Massa Komponen pada Reaksi Asidogenesis..	V-1
Tabel V.3.	Massa Komponen pada Reaksi Asetogenesis..	V-2
Tabel V.4.	Massa Komponen pada Reaksi Metanogenesis	V-3
Tabel V.5.	Massa Komponen pada Reaksi Hidrolisis	V-3
Tabel V.6.	Massa Komponen pada Reaksi Asidogenesis..	V-4
Tabel V.7.	Massa Komponen pada Reaksi Asetogenesis..	V-4
Tabel V.8.	Massa Komponen pada Reaksi Metanogenesis	V-5
Tabel V.9.	Neraca Massa Total	V-3
Tabel V.10.	Massa Komponen pada Absorber	V-3
Tabel V.11.	Neraca Massa Total	V-3
Tabel V.12.	Perhitungan ΔH Reaksi Asidogenesis	V-3
Tabel V.12.	Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Asidogenesis	V-3
Tabel V.13.	Perhitungan ΔH Reaksi Asetogenesis	V-3
Tabel V.14.	Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Asidogenesis	V-3
Tabel V.15.	Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Metanogenesis.....	V-3
Tabel V.16.	Perhitungan ΔH Reaksi Asidogenesis	V-3
Tabel V.17.	Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Asidogenesis	V-12
Tabel V.18.	Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Asetogenesis.....	V-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Reaktor <i>Fixed Dome</i>	II-12
Gambar II.2 Reaktor <i>Floating Drum</i>	II-13
Gambar II.3 Reaktor Balon	II-14
Gambar II.4 Air Perebusan Industri Saus.....	II-20
Gambar II.5 Saluran Pembuangan Limbah	II-20
Gambar II.6 Absorpsi	II-21
Gambar III.3 Bioreaktor <i>Fixed Dome</i>	III-2

DAFTAR GRAFIK

Grafik IV.1. Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) 4 Hari terhadap Volume Biogas yang dihasilkan selama 10 Hari	IV-2
Grafik IV.2. Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) 7 Hari terhadap Volume Biogas yang dihasilkan selama 10 Hari	IV-3
Grafik IV.3. Pengaruh <i>Hydraulic Retention Time</i> (HRT) 10 Hari terhadap Volume Biogas yang dihasilkan selama 10 Hari	IV-4
Grafik IV.4. Volume Biogas Pada Berbagai HRT	IV-5
Grafik IV.5. Volume Biogas Akumulatif Pada Berbagai HRT	IV-6

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Cp	<i>Heat capacity</i>	cal/g °C
m	Berat	gram
T	Suhu	°C
T _{ref}	Suhu Referens	°C
ΔH_f	<i>Enthalpy</i>	cal/mol
BM	Berat Molekul	-
V	Volume	mL
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	mg/L

BAB I

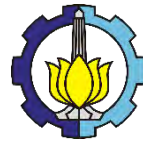
PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Program konversi minyak tanah ke LPG merupakan program pemerintah terkait dengan merupakan program pemerintahan terkait dengan pengalihan penggunaan bahan bakar minyak tanah ke bahan bakar gas LPG. Tujuan diberlakukannya program ini adalah untuk mengurangi subsidi minyak tanah. Karena LPG dinilai lebih hemat, bersih, dan cepat daripada penggunaan minyak tanah. Untuk masyarakat pedesaan peralihan bahan bakar ke gas LPG masih menjadi kendala, karena adanya pengeluaran tambahan untuk membeli gas LPG. Selama ini masih banyak masyarakat menggunakan bahan bakar kayu untuk memasak. Di sisi lain daerah pedesaan memiliki potensi besar untuk menghasilkan bahan bakar gas berupa gas methane. Salah satu potensi penghasil gas methane adalah kotoran ternak. Selain itu dalam industri rumah tangga, industri skala kecil biasanya juga menggunakan LPG sebagai pemanas. Industri kecil atau industri rumah tangga merupakan salah satu komponen penghasil air limbah yang ikut mencemari sungai. Limbah yang di hasilkan tiap hari tidak hanya limbah padat juga limbah cair.

Biogas dapat dihasilkan dari proses fermentasi dengan bantuan bakteri Methan. Faktor-faktor yang mempengaruhi fermentasi biogas di antaranya suhu, terdiri dari rentang mesofilik dan termofilik, kebanyakan operasi fermentasi biogas dilakukan pada rentang suhu mesofilik. Derajat keasaman dimana bakteri methane tumbuh baik pada pH netral, bakteri ini akan mati karena keracunan untuk pH di luar rentang hidupnya. Nutrisi dalam umpan yang dinyatakan dengan C/N rasio, rasio C/N yang baik untuk proses fermentasi adalah 15/1 sampai 30/1. Komposisi umpan yang dinyatakan dengan konsentrasi TS (*Total Solid*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) (Wati, 2010).

Dalam proses produksi industri saus membutuhkan air bersih yang cukup banyak yang digunakan untuk pencucian alat



kemasan (botol) dan untuk keperluan proses produksi. Karena jumlah air bersih yang digunakan cukup besar, maka jumlah air limbah yang dihasilkan juga banyak. Proses produksi industri saus ini menggunakan bahan-bahan organik sehingga polutan yang dikandung air limbahnya juga berupa polutan organik dengan tingkat pencemaran cukup tinggi. Keberadaan industri ini umumnya berdekatan dengan pemukiman penduduk, dengan demikian dampak langsung dari polusi yang ditimbulkan sangat dirasakan oleh masyarakat di sekitarnya. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan limbah cair industri saus sebagai bahan pembuatan biogas.

I.2 Perumusan Masalah

Beberapa perumusan masalah yang akan diselesaikan dalam percobaan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh HRT (*Hydraulic Retention Time*) pada 4, 7, dan 10 hari terhadap hasil biogas secara kualitatif yang dihasilkan dari proses anaerobik ?
2. Bagaimana pengaruh penambahan proses pemurnian dan tanpa proses pemurnian terhadap hasil biogas secara kualitatif dan kuantitatif yang dihasilkan dari proses anaerobik ?

I.3 Batasan Masalah

Dalam percobaan ini, batasan masalah yang dipakai adalah sebagai berikut :

1. Bahan baku yang digunakan yaitu limbah cair industri saus.
2. Sumber bakteri yang digunakan berasal dari limbah yang telah mengalami proses anaerobik di unit pengolahan limbah industri saus.



I.4 Tujuan Inovasi Produk

Tujuan dari inovasi pembuatan biogas dari limbah cair industri saus adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh HRT (*Hydraulic Retention Time*) pada 4, 7, dan 10 hari terhadap hasil biogas secara kualitatif yang dihasilkan dari proses anaerobik.
2. Mengetahui pengaruh penambahan proses pemurnian dan tanpa proses pemurnian terhadap hasil biogas secara kualitatif dan kuantitatif yang dihasilkan dari proses anaerobik.

I.5 Manfaat Inovasi Produk

Manfaat inovasi produk ini adalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan limbah cair industri saus agar memiliki nilai jual yang tinggi.
2. Memanfaatkan limbah cair industri saus dengan mengolah menjadi biogas sebagai bahan bakar ramah lingkungan.

BAB II

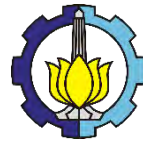
TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Sejarah Biogas

Gas metana terbentuk karena proses fermentasi secara anaerobik (tanpa udara) oleh bakteri metana atau yang disebut juga bakteri anaerobik dan bakteri biogas yang mengurangi sampah-sampah yang banyak mengandung bahan organik (biomassa) sehingga terbentuk gas metana (CH_4) yang apabila dibakar dapat menghasilkan energi panas. Sebenarnya pada tempat-tempat tertentu proses ini terjadi secara ilmiah sebagaimana peristiwa ledakan gas yang terbentuk di bawah tumpukan sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Leuwigajah, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Kebudayaan Mesir, China, dan Roma Kuno diketahui telah memanfaatkan gas alam *Natural Gas* yang dibakar untuk menghasilkan panas. Namun, orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan bahan sayuran adalah Alessandro Volta (1776), sedangkan William Henry pada tahun 1806 mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut sebagai metana. Becham (1868), murid Louis Pasteur dan Tappeiner (1882), memperlihatkan asal mikrobiologi dari pembentukan metana.

Pada akhir abad ke-19 ada beberapa riset dalam bidang ini dilakukan. Jerman dan Prancis melakukan riset pada masa antara Perang Dunia I dan beberapa unit pembangkit biogas yang memanfaatkan limbah pertanian. Selama Perang Dunia I banyak petani di Inggris dan benua Eropa yang membuat *digesters* kecil untuk menghasilkan biogas yang digunakan untuk menggerakkan traktor. Karena harga Bahan Bakar Minyak (BBM) semakin murah dan mudah didapatkan pada tahun 1950-an pemakaian biogas ditinggalkan. Namun, di negara-negara berkembang kebutuhan akan sumber energi yang murah dan selalu tersedia. Kegiatan produksi biogas di India telah dilakukan sejak abad ke-19. Alat pencernaan aerobik pertama dibangun pada tahun 1900.



Negara berkembang lainnya seperti China, Filipina, Korea, Taiwan, dan Papua Nugini telah melakukan berbagai riset dan pengembangan alat pembangkit biogas dengan prinsip yang sama, yaitu menciptakan alat yang kedap udara dengan bagian-bagian pokok terdiri atas pencerna (digester), lubang pemasukan bahan baku, dan pengeluaran lumpur sisa hasil pencernaan (*slurry*) dan pipa penyaluran biogas yang terbentuk (Harahap, 2009).

II.2 Definisi Biogas

Biogas merupakan bahan bakar gas dan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable fuel*) yang dihasilkan secara anaerobik *digestion* atau fermentasi anaerob dari bahan organik dengan bantuan bakteri metana seperti *Methanobacterium sp.* Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas yaitu bahan *biodegradable* seperti biomassa (bahan organik bukan fosil), kotoran hewan, kotoran manusia, sampah padat hasil aktivitas perkotaan dan lain-lain. Akan tetapi, biogas biasanya dibuat dari kotoran ternak seperti kerbau, sapi, kambing, kuda, dan lain-lain. Kandungan utama biogas adalah gas metana (CH_4) dengan konsentrasi sebesar 50%-80% vol. Kandungan lain dalam biogas yaitu gas karbondioksida (CO_2), gas hidrogen (H_2). Gas dalam biogas yang dapat berperan sebagai bahan bakar yaitu gas metana (CH_4), gas hidrogen (H_2), dan gas CO (Hadi, 2010).

Biogas dihasilkan apabila bahan-bahan organik terurai menjadi senyawa-senyawa pembentuknya dalam keadaan tanpa oksigen (anaerob). Fermentasi anaerobik ini biasa terjadi secara alami di tanah yang basah, seperti dasar danau dan di dalam tanah pada keadaan tertentu. Proses fermentasi adalah penguraian bahan-bahan organik dengan bantuan mikroorganisme. Fermentasi anaerob dapat menghasilkan Gas yang mengandung sedikitnya 50% metana. Gas inilah yang biasa disebut dengan biogas. Biogas dapat dihasilkan dari fermentasi sampah organik seperti sampah basah, daun-daunan, dan kotoran hewan yang berasal dari sapi, babi, kambing, kuda, atau yang lainnya. Gas yang dihasilkan



memiliki komposisi yang berbeda tergantung dari jenis hewan yang menghasilkannya (Mayasari, 2010).

II.3 Sifat Kimia Biogas

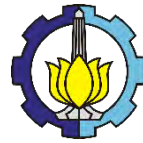
Menurut Hadi, 2010, komposisi biogas yang dihasilkan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan. Namun demikian, komposisi biogas yang utama adalah gas metana (CH_4) dan gas karbon dioksida (CO_2) dengan sedikit hidrogen sulfida (H_2S). Komponen lainnya yang ditemukan dalam kisaran konsentrasi kecil (*trace element*) antara lain senyawa sulfur organik, senyawa hidrokarbon terhalogenasi (*halogenated hydrocarbons*), gas hidrogen (H_2), gas nitrogen (N_2), gas karbon monoksida (CO) dan gas oksigen (O_2). Komposisi utama yang terdapat dalam biogas ditunjukkan pada **Tabel II.2**.

Tabel II.1 Komponen Utama Biogas

No.	Komponen	Satuan	Komposisi	
			1	2
1.	Gas Methan (CH_4)	% vol	50-75	54-70
2.	Karbon Dioksida (CO_2)	% vol	24-40	27-45
3.	Nitrogen (N_2)	% vol	< 2	0-1
4.	Hidrogen (H_2)	% vol	< 1	0-1
5.	Karbon Monoksida (CO)	% vol		0,1
6.	Oksigen (O_2)	ppm	< 2	0,1
7.	Hidrogen Sufida (H_2S)	ppm	< 2	Sedikit

Menurut Mayasari (2010), ada beberapa sifat-sifat kimia dan sifat-sifat fisika dari biogas antara lain :

1. Tidak seperti LPG yang bisa dicairkan dengan tekanan yang tinggi pada suhu normal, biogas hanya dapat dicairkan pada suhu -178°C sehingga untuk menyimpannya dalam sebuah tangki yang praktis mungkin sangat sulit. Jalan terbaik adalah menyalurkan biogas yang dihasilkan untuk langsung dipakai baik



- sebagai bahan bakar untuk memasak, penerangan, dan lain-lain.
2. Biogas dengan udara (oksigen) dapat membentuk campuran yang mudah meledak apabila terkena nyala api karena *flash point* dari metana (CH_4) yaitu -188°C dan *autoignition* dari metana adalah sebesar 595°C .
 3. Biogas tidak menghasilkan karbon monoksida apabila dibakar, sehingga aman dipakai untuk keperluan rumah tangga.
 4. Komponen metana dalam biogas bersifat narkotika pada manusia, apabila dihirup langsung dapat mengakibatkan kesulitan bernapas dan mengakibatkan kematian.

II.4 Proses Pembuatan Biogas dan Reaksi Pembentukannya

Proses anaerobik melibatkan penguraian senyawa organik dan anorganik oleh mikroorganisme tanpa adanya molekul oksigen bebas. Proses penguraian oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik terjadi secara anaerob. Pada prinsipnya proses anaerob adalah proses biologi yang berlangsung pada kondisi tanpa oksigen oleh mikroorganisme tertentu yang mampu mengubah senyawa organik menjadi metana (biogas). Proses anaerobik sangat kompleks dengan melalui beberapa tahapan proses yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. (USU, 2010)

Tabel II.2 Potensi Biogas yang dihasilkan oleh Beberapa Substrat

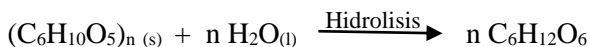
Komponen	Reaksi Metanogenesis	CH_4 (%)
Lemak	$\text{C}_{50}\text{H}_{90}\text{O}_6 + 24,5 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 34,75 \text{ CH}_4 + 15,25 \text{ CO}_2$	69,5
Karbohidrat	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3 \text{ CH}_4 + 3 \text{ CO}_2$	50,0
Protein	$\text{C}_{16}\text{H}_{24}\text{O}_5\text{N}_4 + 14,5 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 8,25 \text{ CH}_4 + 3,75 \text{ CO}_2 + 4\text{NH}_4^+ + 4\text{HCO}_3^-$	68,8



1. Hidrolisis

Pada tahap hidrolisis molekul besar seperti protein, polisakarida, dan lemak dikonversi oleh mikroorganisme menjadi molekul yang lebih kecil yang terlarut dalam air seperti peptida, sakarida dan asam lemak. Pada umumnya lemak dihidrolisis lebih cepat daripada protein atau karbohidrat. Proses hidrolisis pada umumnya berjalan lambat dan menjadi laju pembatas pada keseluruhan proses digestasi anaerobik. Polimer diubah menjadi monomer terlarut melalui mikroorganisme hidrolisis.

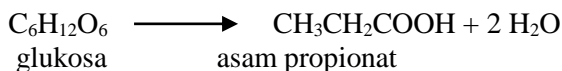
Reaksi :



2. Asidogenesis

Proses asidogenesis mengkonversi produk hidrolisis menjadi molekul kecil dengan berat molekul rendah seperti asam lemak volatil, alkohol, aldehyd dan gas seperti CO_2 , H_2 , dan NH_3 dan produk samping lain. Bakteri asidogenesis dapat menurunkan pH bahan organik menjadi sangat rendah sekitar 4, penurunan ini disebabkan karena banyaknya senyawa asam yang dihasilkan dan sangat berbahaya jika terakumulasi terlalu banyak sehingga harus dilanjutkan langsung oleh proses berikutnya.

Reaksi :



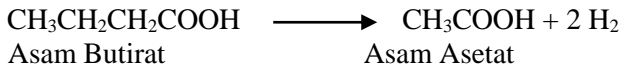
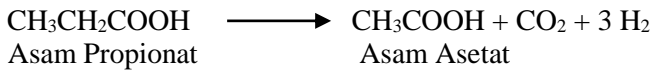
Tahap ini juga disering disebut dengan fermentasi. Pada tahap ini juga dihasilkan CO_2 dan H_2 dalam jumlah yang banyak. Untuk substrat yang terbentuk gula produksi hidrogen akan bertambah lebih banyak sehingga memungkinkan bisa digunakan sebagai pengganti energi.



3. Asetogenesis

Pada proses ini produk asidogenesis di konversi menjadi asam asetat, hidrogen dan CO₂ oleh bakteri asetogenesis.

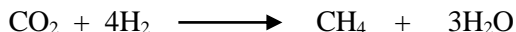
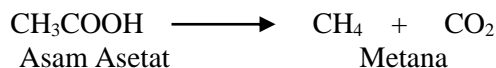
Reaksi :



4. Metanogenesis

Pada proses metanogenesis, asam asetat dari proses asetogenesis dikonversi menjadi CO₂ dan CH₄. Pada proses ini produksi CH₄ dapat dibagi menjadi dua cara. Pertama asam asetat dikonversi menjadi CO₂ dan CH₄ oleh bakteri acetoclastik. Kedua menggunakan CO₂ sebagai sumber karbon dan hidrogen sebagai agen pereduksi oleh bakteri *hydrognetropic* atau dihasilkan bentuk lain oleh bakteri jenis lain.

Reaksi :



Kehadiran gas CO₂ tidak diinginkan. Gas ini harus dihilangkan untuk memaksimalkan kualitas biogas sebagai bahan bakar.

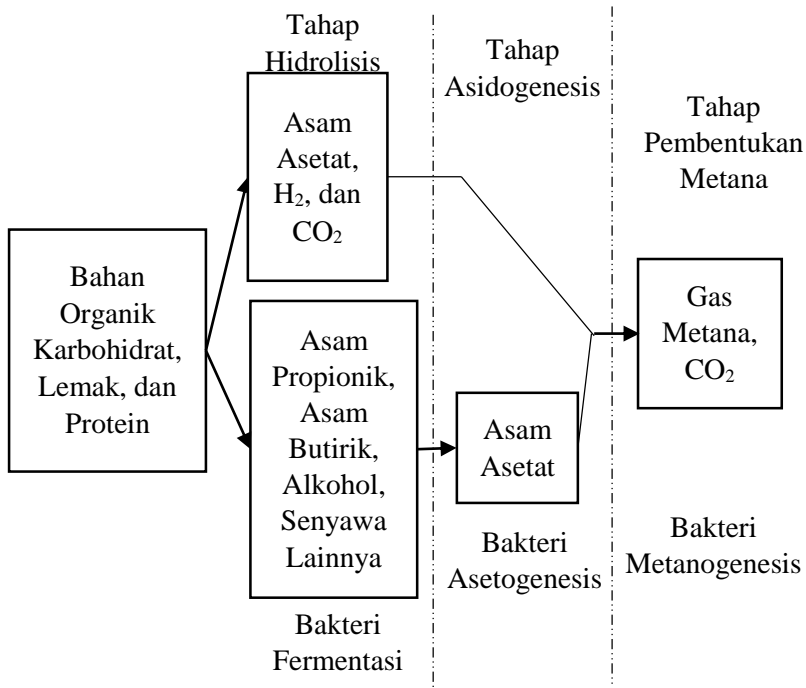
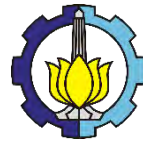
Dalam pembentukan biogas digunakan berbagai jenis bakteri untuk menghasilkan gas metana ditunjukkan pada **Tabel II.3**



Tabel II.3 Macam-Macam Bakteri Penghasil Metan dan Subtratnya

Bakteri	Subtrat	Produk
<i>Methanobacterium formicum</i>	CO H ₂ + CO ₂ Formate	CH ₄
<i>Methanobacterium mobilis</i>	H ₂ + CO ₂ Formate	CH ₄
<i>Methanobacterium propionicum</i>	Propionate	CO ₂ + Acetate
<i>Methanobacterium ruminantium</i>	Formate H ₂ + CO ₂	CH ₄
<i>Methanobacterium soehngenii</i>	Acetate butyrate	CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium suboxydans</i>	Caproate dan butyrate	Propionate dan Acetate
<i>Methanococcus mazei</i>	Acetate dan Butyrate	CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium vanniellii</i>	H ₂ + CO ₂ Formate	CH ₄
<i>Methanosarcina barkeri</i>	H ₂ + CO ₂ Methanol Acetate	CH ₄ CH ₄ CH ₄ + CO ₂
<i>Methanobacterium methanica</i>	Acetate Butyrate	CH ₄ + CO ₂

Menurut Mayasari (2010), tahap-tahap reaksi pembentukan secara biologis dan kimia pada fermentasi anaerob dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Proses pembuatan biogas dengan menggunakan *biodigester* pada prinsipnya adalah menciptakan suatu sistem kedap udara dengan bagian-bagian pokok yang terdiri dari tangki pencernaan (*digester tank*), lubang input bahan baku, lubang output hasil pencernaan (*slurry*), dan lubang penyaluran biogas yang terbentuk. Dalam *digester* terkandung bakteri metana yang akan mengolah limbah organik menjadi biogas (Mayasari, 2010).

II.5 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pembentukan Biogas

Menurut Franthena (2015), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pembuatan biogas, antara lain faktor pengenceran, jenis bakteri, derajat keasaman (pH), suhu, keberadaan bahan-bahan yang berpotensi menghambat



pertumbuhan bakteri serta perbandingan antara karbon (C) dan nitrogen (N) bahan.

a. Pengenceran Bahan Baku Pembuatan Biogas

Karakteristik utama dari bahan baku yang dapat diolah menjadi biogas adalah adanya kandungan rasio C-N. Rasio C-N tersebutlah yang mempengaruhi kualitas dari biogas.

Bahan baku pembuatan perlu diencerkan. Umumnya pengenceran bahan baku dilakukan dengan perbandingan 1:1 sampai 2 antara bahan baku : air.

b. Jenis Bakteri

Ada dua kelompok yang berpengaruh pada pembuatan biogas yaitu bakteri-bakteri pembentuk asam dan bakteri pembentuk gas metana. Bakteri ini memecah bahan organik menjadi asam-asam lemak. Asam-asam lemak hasil penguraian oleh bakteri asam kemudian diuraikan lebih lanjut menjadi biogas oleh bakteri metana. Jenis-jenis bakteri ini sudah terdapat dalam kotoran-kotoran hewan yang digunakan.

c. Derajat Keasaman (pH)

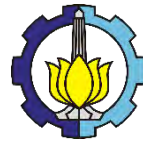
Derajat kesamaan juga mempengaruhi kerja dari mikroba yang ada dalam digester. pH yang terlalu asam atau terlalu basa sangat mempengaruhi kerja mikroba ini. pH antara 6.8 sampai 8 merupakan pH optimum dalam proses pembentukan biogas.

d. Suhu

Suhu lingkungan juga sangat menentukan aktif tidaknya bakteri yang berperan dalam pembuatan biogas. Perkembangbiakan bakteri sangat dipengaruhi oleh suhu. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah dapat menyebabkan kurang atau tidak aktifnya mikroba penghasil biogas, sehingga kurang baik untuk proses pembentukan biogas. Suhu yang baik adalah kisaran 32-37°C merupakan suhu yang baik untuk pembentukan biogas.

e. Perbandingan C dan N bahan

Perbandingan karbon (C) dan nitrogen (N) yang terkandung dalam bahan organik yang digunakan sebagai bahan dasar pembuatan biogas sangat menentukan kehidupan dan aktivitas mikroorganisme. Selain itu ada kondisi operasi harus dikontrol



dengan cermat supaya proses pencernaan anaerobik dapat berlangsung secara optimal. Sebagai contoh pada derajat keasaman (pH), pH harus dijaga pada kondisi optimum yaitu antara 7 – 7,2. Hal ini disebabkan apabila pH turun akan menyebabkan pengubahan substrat menjadi biogas terhambat sehingga mengakibatkan penurunan kuantitas biogas. Nilai pH yang terlalu tinggi pun harus dihindari, karena akan menyebabkan produk akhir yang dihasilkan adalah CO_2 sebagai produk utama. Begitu pula dengan nutrisi, apabila rasio C/N tidak dikontrol dengan cermat, maka terdapat kemungkinan adanya nitrogen berlebih (terutama dalam bentuk amonia) yang dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas bakteri (Ffranthena, 2015).

Tabel II.4 Kondisi Optimum Produksi Biogas

Parameter	Kondisi Optimum
Suhu	35°C
Derajat Keasaman	7-7,2
Nisbah Karbon dan Nitrogen	21/1 sampai 30/1
Sulfida	< 200 mg/L
Logam-logam Berat Terlarut	< 1 mg/L
Sodium	< 5000 mg/L
Kalsium	< 2000 mg/L
Magnesium	< 1200 mg/L
Ammonia	< 1700 mg/L

f. Laju Pengumpanan

Laju pegumpanan adalah jumlah bahan yang diumpankan ke dalam pencerna per unit kapasitas pencerna per hari.

g. Waktu Tinggal dalam Pencerna (*digester*)

Lama proses (*Hydraulic Retention Time*) adalah jumlah hari proses pencernaan pada tangki anaerob dihitung mulai kemasukan bahan organik samai proses awal pembentukan biogas dalam digester anaerob. HRT meliputi 70-80% dari total waktu pembentukan biogas secara keseluruhan. Lama waktu HRT sangat



tergantung dari jenis bahan organik sebelum dilakukan proses pencernaan/digesting diproses 37°C.

Secara teoritis merupakan waktu material organik berada di dalam tangki digester. Selama proses ini terjadi pertumbuhan bakteri anaerob pengurai, proses penguraian material organik, dan stabilasi pembentukan biogas menuju kepada kondisi optimumnya. Secara keseluruhan, lama waktu penguraian mencakup 70-80% dari keseluruhan waktu proses pembentukan biogas bila siklus pembentukan biogas berjalan ideal yakni 1 kali proses kemasukan material organik langsung mendapatkan biogas sebagai proses akhirnya. HRT dapat dirumuskan menjadi persamaan berikut :

$$\text{HRT} = \frac{\text{volume (m}^3\text{)}}{\text{debit (m}^3\text{/waktu)}}$$

II.6 Reaktor Biogas

Dalam pemilihan jenis reaktor biogas dapat dibedakan dari segi aliran bahan baku dan segi konstruksi. Menurut Mayasari (2010), pemilihan jenis reaktor biogas dari segi aliran juga dapat dibedakan lagi menjadi 2 tipe yaitu :

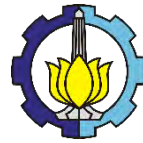
1. Tipe *Batch Digestion*

Pada tipe reaktor batch, bahan baku reaktor ditempatkan di dalam wadah (ruang tertentu) dari awal hingga selesainya proses digesti. Umumnya digunakan pada tahap eksperimen untuk mengetahui potensi gas dari limbah organik.

2. Tipe *Continuous Digestion*

Untuk tipe ini, aliran bahan baku masuk dan residu keluar pada selang waktu tertentu. Lama bahan baku selama dalam reaktor disebut waktu retensi hidrolik (*Hydraulic Retention Time/HRT*)

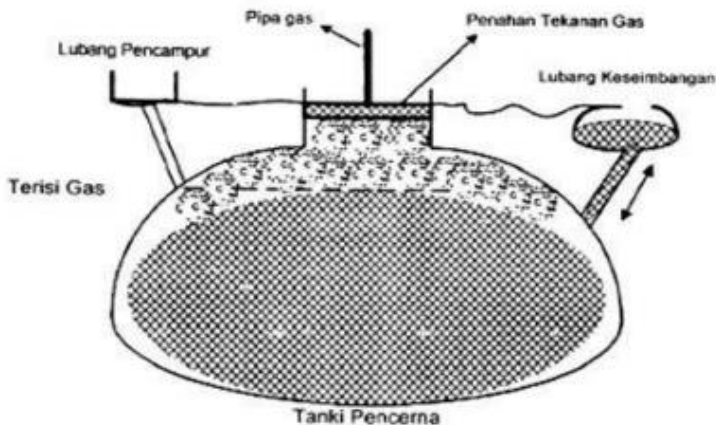
Pemilihan jenis reaktor disesuaikan dengan kebutuhan dan kemampuan pembiayaan. Dari segi konstruksi, reaktor biogas yang dibedakan menjadi :



1. Reaktor kubah tetap (*Fixed-dome*)

Reaktor ini disebut juga reaktor china. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di china sekitar tahun 1930 an, kemudian sejak saat itu reaktor ini berkembang dengan berbagai model. Pada reaktor ini memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batu bata atau beton. Strukturnya harus kuat karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed-dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*). Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah.

Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapung, karena tidak memiliki bagian yang bergerak menggunakan besi yang tentunya harganya relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Sedangkan kerugian dari reaktor ini adalah seringnya terjadi kehilangan gas pada bagian kubah karena konstruksi tetapnya.



Gambar II.1 Reaktor *Fixed Dome*



2. Reaktor *floating drum*

Reaktor jenis terapung pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor India. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak menggunakan drum. Drum ini dapat bergerak naik turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan.

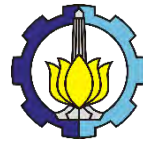
Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat melihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Sedangkan kerugiannya adalah biaya material konstruksi dari drum lebih mahal. faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan menggunakan tipe kubah tetap.



Gambar II.2 Reaktor *Floating Drum*

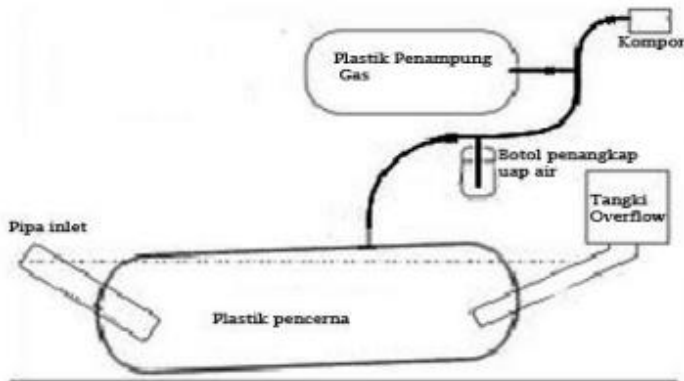
3. Reaktor balon

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga yang menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan



tempat biogas. reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester dan penyimpan gas masing masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas.

Dari beberapa jenis digester biogas yang sering digunakan adalah jenis kubah tetap (*Fixed-dome*) dan jenis Drum mengambang (*Floating drum*). Sistem produksi biogas dibedakan menurut cara pengisian bahan bakunya, yaitu pengisian curah dan bahan bakunya, yaitu pengisian curah dan pengisian kontinyu. Yang dimaksud dengan system pengisian curah (SPC) adalah cara penggantian bahan yang sudah dicerna dari tangki pencerna setelah produksi biogas berhenti, dan selanjutnya dilakukan pengisian bahan baku yang baru. Sedangkan yang dimaksud dengan pengisian kontinyu (SPK) adalah pengisian bahan baku ke dalam tangki pencerna dilakukan secara kontinyu (setiap hari) tiga hingga empat minggu sejak pengisian awal, tanpa harus mengeluarkan bahan yang sudah dicerna (*Saputri, 2014*).



Gambar II.3 Reaktor Balon

Menurut Mayasari (2010), selain jenis reaktor yang dibedakan menurut segi aliran dan segi konstruksi, ada juga digester yang dibagi menjadi dua tipe yang berdasarkan jumlah tahapan proses :



3. Single Stage (Satu Tahap)
Seluruh proses pembuatan biogas dilakukan hanya dalam satu digester saja.
4. Multi Stage (Multi Tahap)
Proses dilakukan di dalam dua buah digester yang bekerja secara sero. Pada digester pertama berlangsung reaksi *hidrolisis*, *acidogenesis*, dan *ketogenesis*. Setelah itu material dipanaskan lalu dipompakan ke digester kedua untuk reaksi *metanogenesis*.

II.7 Kandungan dan Komposisi Biogas

Biogas yaitu sumber renewable energy, yang dapat digunakan sebagai bahan pengganti energi yang berasal dari fosil, yang selama ini dominan digunakan yaitu bahan bakar minyak dan gas alam. Teknologi biogas merupakan pilihan yang tepat untuk mengubah limbah organik untuk menghasilkan energi sehingga diperoleh keuntungan secara sosio-ekonomi maupun segi lingkungan (Haryati, 2007)

Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi langka oksigen (anaerob). Biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dan beberapa kandungan yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida (H_2S) dan ammonia (NH_3) serta hidrogen (H_2) dan nitrogen yang kandungannya sangat kecil. Tetapi secara umum rentang komposisi biogas adalah sebagai berikut :

Tabel II.5 Komposisi Biogas

Jenis Gas	Volume (%)
Metana (CH_4)	55-75
Karbondioksida (CO_2)	25-45
Nitrogen (N_2)	0-0,3
Hidrogen (H_2)	1-5
Hidrogen Sulfida (H_2S)	0-3
Oksigen (O_2)	0,1-0,5



Berdasarkan komposisi gas dalam biogas, terlihat bahwa metana (CH_4) adalah gas yang memiliki kandungan paling tinggi dalam biogas. Metana inilah yang dimanfaatkan sebagai sumber energi. Metana termasuk gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Demikian pula dengan karbondioksida yang juga termasuk ke dalam gas rumah kaca. Metana memiliki dampak terhadap terjadinya efek rumah kaca 20 kali lebih tinggi dibandingkan karbondioksida. Pengurangan metana secara lokal dengan memanfaatkannya sebagai biogas yang dapat berperan positif dalam upaya mengatasi persoalan lingkungan global, yaitu efek rumah kaca yang berakibat pada pemanasan global dan perubahan iklim global (Hendri, 2010)

Besarnya energi dalam biogas tergantung dari konsentrasi metana (CH_4) yang ada dalam biogas tersebut. Semakin tinggi konsentrasi metana semakin besar kandungan energi (nilai kalor) pada biogas, dan sebaliknya semakin kecil konsentrasi metana semakin kecil nilai kalor dari biogas (Gustiar, 2014).

Tabel II.6 Kalor Pembakaran Biogas dan Natural Gas

Komponen	Heating Value	
	(Kkal/ m^3)	(Kkal/kg)
Hidrogen (H_2)	2842,21	33903,61
Karbon monoksida (CO)	2811,95	2414,31
Gas Metana (CH_4)	8851,43	13265,91

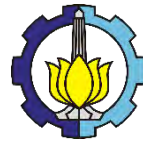
Rasio ideal C/N untuk proses dekomposisi anaerob untuk menghasilkan metana adalah 25-30. Oleh karena itu, pada proses pencampuran bahan baku diusahakan memenuhi rasio ideal. Rasio C/N dari beberapa bahan organik dapat dilihat pada **Tabel II.7** berikut ini:



Tabel II.7 Rasio C/N untuk berbagai bahan organik

Bahan Organik	N dalam %	C/N
Kotoran manusia	6	5,9-10
Kotoran Sapi	1,7	16,6-25
Kotoran babi	3,8	6,2-12,5
Kotoran ayam	6,3	5-7,1
Kotoran kuda	2,3	25
Kotoran domba	3,8	33
Jerami	4	12,5-25
Lucemes	2,8	16,6
Alga	1,9	100
Gandum	1,1	50
Serbuk jerami	0,5	100-125
Ampas tebu	0,3	140
Serbuk gergaji	0,1	200-500
Kol	3,6	12,5
Tomat	3,3	12,5
Mustard	1,5	25
Kulit kentang	1,5	25
Sekam	0,6	67
Bonggol jagung	0,8	50
Daun	1	50
Batang kedelai	1,3	33
Kacang toge	0,6	20

Karbon dan nitrogen adalah sumber makanan utama bagi bakteri anaerob, untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik, dimana karbon dibutuhkan untuk menyuplai energi dan nitrogen yang dibutuhkan untuk membentuk struktur sel bakteri. Rasio C/N adalah besaran yang menyatakan perbandingan jumlah atom karbon dibagi dengan atom nitrogen. Di dalam reaktor terdapat populasi mikroba yang memerlukan karbon dan nitrogen. Apabila nitrogen tidak tersedia dengan



cukup, maka mikroba tidak dapat memproduksi enzim yang berguna untuk mencerna karbon. Apabila nitrogen terlalu banyak maka pertumbuhan mikroba akan terganggu (Aelita, 2013).

II.8 Manfaat Biogas

Produk utama dari biogas adalah gas metan yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung kehidupan masyarakat. Manfaat biogas yang tidak secara langsung adalah menjaga kelestarian lingkungan hidup dan konversi sumberdaya alam, dan lain-lain. Secara lebih rinci manfaat penggunaan biogas adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Langsung :

- Sebagai sumber energi untuk skala rumah tangga.

Biogas yang diproduksi oleh satu unit instalasi biogas dapat digunakan sebagai sumber energi bahan bakar dalam skala rumah tangga. Sebagai contoh bahan bakar gas atai kompor.

- Sebagai sumber energi untuk penerangan.

Biogas sebagai sumber energi untuk penerangan dengan cara yang sama seperti pemanfaatan untuk memasak, artinya kompor sebagai titik akhir penggunaan biogas diganti dengan lampu. Lampu yang digunakan adalah lampu yang dirancang khusus atau lampu petromaks yang dimodifikasi,

- Penghasil pupuk organik siap pakai

Manfaat lain dari penerapan biogas adlah dapat menyediakan pupuk organik siap pakai dalam jumlah banyak sesuai dengan kapasitas digester yang dibangun dan bahan baku yang digunakan.

2. Manfaat Tidak Langsung :

- Mengurangi efek gas rumah kaca

Penerapan biogas dapat mengurangi emisi gas metan (CH_4) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan



organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan.

- Meningkatkan sanitasi lingkungan dan keindahan
Limbah organik apabila tidak dikelola dengan baik dan berserakan dimana-mana, maka akan dapat mengganggu keindahan dan berdampak negatif terhadap kesehatan masyarakat disekitarnya. Dengan penerapan biogas, dampak negatif tersebut dapat dikurangi atau dihilangkan (Dwi, 2012)

II.9 Pemanfaatan Limbah Cair Industri Saus

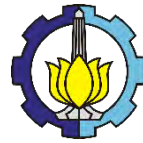
II.9.1 Saus

Saus adalah olahan makanan yang umumnya berasal dari buah dan sayur yang merupakan jenis bumbu penyedap makanan berbentuk bubur, dengan warna oranye hingga merah yang berasal dari bahan baku alami maupun penambahan zat pewarna makanan. Bahan baku saus pada dasarnya dari pasta tomat akan tetapi diganti dengan buah yang memiliki karakteristik seperti buah pepaya yang memiliki daging buah tebal dan berwarna merah cerah (Hartuti, 2003).

II.9.2 Limbah Cair Industri Saus

Pada proses pembuatan saus dari berbagai bahan organik, akan menghasilkan air limbah. Air limbah dihasilkan dari air sisa perebusan bahan baku karena proses produksi industri saus ini menggunakan bahan-bahan organik sehingga polutan yang dikandung air limbahnya juga berupa polutan organik dengan tingkat pencemaran cukup tinggi.

Limbah cair industri saus yang akan digunakan sebagai pembuatan biogas ini di dapatkan dari CV. Hikmah Bahagia Sakti yang terletak di Pandaan-Pasuruan, Jawa Timur.



Gambar II.4 Air Perebusan Bahan Baku Merupakan Sumber Limbah Cair



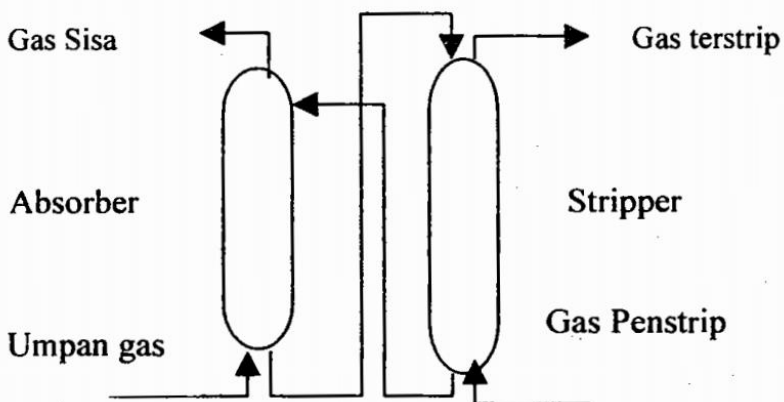
Gambar II.5 Saluran Limbah Cair Industri Saus



II.10 Pemurnian Biogas Menggunakan Metode Absorpsi dengan larutan NaOH

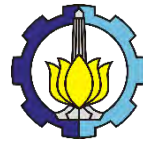
Absorpsi merupakan salah satu operasi pemisahan dalam industri kimia di mana suatu campuran gas dikontakkan dengan suatu cairan penyerap yang sesuai, sehingga satu atau lebih komponen dalam campuran gas larut dalam cairan penyerap. Absorpsi dapat berlangsung dalam dua macam proses, yaitu absorpsi fisik atau absorpsi kimia (Treyball, 1980)

Absorpsi fisik merupakan absorpsi di mana gas gas terlarut dalam cairan penyerap tanpa disertai dengan reaksi kimia. Absorpsi gas H_2S dengan air, metanol, atau propilen karbonat merupakan contoh yang baik untuk peristiwa ini sering dijumpai di industri kimia. Penyerapan gas oleh pelarut terjadi karena adanya interaksi fisik. Absorpsi kimia merupakan absorpsi di mana gas terlarut dalam larutan penyerap disertai dengan reaksi kimia. Peristiwa absorpsi ini dapat dipelajari pada absorpsi gas CO_2 dengan larutan MEA, NaOH, K_2CO_3 dan sebagainya. Peristiwa absorpsi biasanya diikuti dengan peristiwa absorpsi dengan stripping dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar II. Konfigurasi absorpsi-stripper

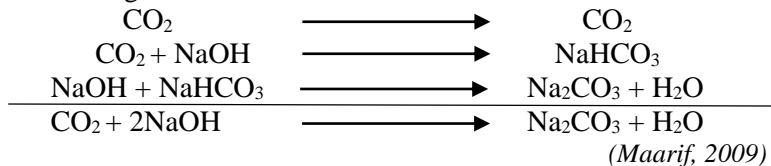
Biogas merupakan gas yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik secara anaerobik (tertutup dari udara bebas) untuk



menghasilkan suatu gas yang sebagian besar berupa metan (yang memiliki sifat mudah terbakar) dan karbon dioksida. Dari kandungan biogas di atas masih terdapat banyak zat pengotor (*inhibitor*) dalam biogas yang mempengaruhi kualitas dari biogas, salah satunya CO_2 (25-45%). Karbon dioksida merupakan molekul yang dapat menghambat dan menurunkan laju reaksi pembakaran, karena karbon dioksida akan mengganggu rantai reaksi kimia pembakaran, sehingga reaksi kimia pembakaran terhambat. Oleh sebab itu perlu dilakukan pemurnian biogas yang bertujuan untuk mengurangi kandungan gas CO_2 . Pemurnian tersebut dilakukan dengan cara menyerap CO_2 yang terdapat dalam biogas menggunakan NaOH serpihan yang telah dilarutkan dalam air. Kemudian larutan NaOH tersebut digunakan untuk mengikat CO_2 yang ada dalam biogas.

Gas CO yang langsung bereaksi dengan larutan NaOH sedangkan CH_4 tidak. Dengan berkurangnya konsentrasi CO sebagai akibat reaksi dengan NaOH , maka perbandingan konsentrasi CH_4 dengan CO menjadi lebih besar untuk konsentrasi CH_4

Absorpsi CO_2 dari campuran biogas ke dalam larutan NaOH sebagai berikut :



BAB III

METODOLOGI PEMBUATAN PRODUK

III.1 Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan dari percobaan pembuatan biogas dari limbah industri saus dalam reaktor biogas dome adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
2. Tahap Persiapan Bahan Baku
3. Tahap Pembuatan Biogas
4. Tahap Analisa

III.2 Bahan yang Digunakan

III.2.1 Limbah Cair Industri Saus

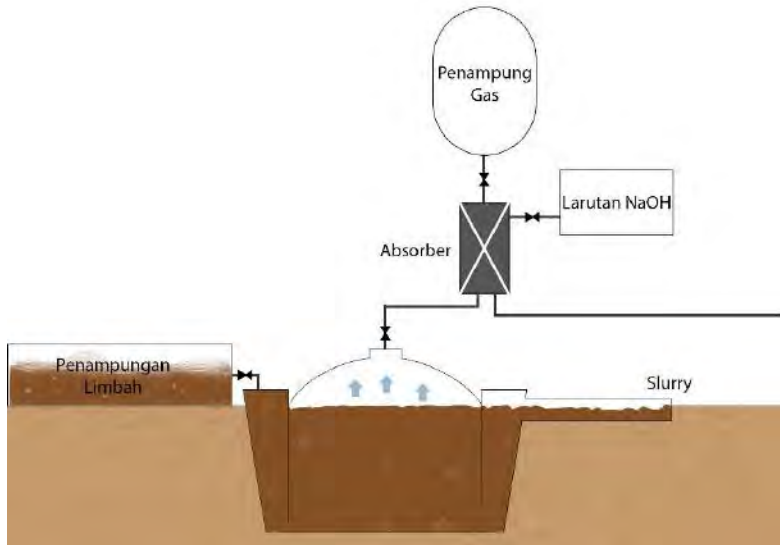
Pada proses pembuatan biogas dengan menggunakan limbah pabrik saus yang didapatkan dari pabrik saus yang berada di Pandaan, Pasuruan. Limbah cair industri saus ini terdiri dari limbah perebusan bahan olahan dan limbah pencucian botol.

III.2.2 Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan adalah NaOH yang didapatkan dari laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah Jurusan DIII Teknik Kimia FTI-ITS,

III.3 Peralatan yang Digunakan

Pada proses pembuatan biogas ini menggunakan reaktor biogas *fixed dome* yang terdapat di Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah Program Studi DIII Teknik Kimia FTI-ITS.



Gambar III.1 Bioreaktor *Fixed-Dome*

Keterangan Gambar :

- 1 : Pipa untuk masuknya *feed*
- 2 : Pipa untuk saluran gas yang dihasilkan
- 3 : Pipa untuk keluarnya *slurry*

Bioreaktor *Fixed-Dome* dibuat dari bahan acrylic dengan $v = p \times l \times t$ (34 x 34 x 34) cm berkapasitas 40 liter. Pada sisi kanan terdapat pipa masuknya bahan ke dalam reaktor, dan sebelah kiri terdapat pipa keluarnya *slurry*, dan bagian atas terdapat pipa serta *valve* untuk saluran keluarnya gas yang dihasilkan dari pembuatan biogas yang akan disambungkan pada kantong plastik, dan akan dibandingkan dengan pengukuran menggunakan *gel's* ukur, untuk mengetahui nyala dari gas yang dihasilkan.

III.4 Variabel yang Dipilih

Dalam pembuatan biogas ditetapkan variabel tetap yaitu perbandingan bahan baku yang digunakan. Sedangkan untuk



variabel berubah yaitu *Hydraulic Retention Time* (HRT) selama 4 hari, 7 hari, dan 10 hari.

III.5 Prosedur Pembuatan

III.5.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan penelitian berupa studi literatur yang berkaitan dengan pembuatan biogas. Setelah dilakukan studi mengenai pembuatan biogas dilakukan penyusunan variabel serta kondisi operasi yang tepat. Pada tahap ini juga dilakukan analisa COD, N, P, S, dan K pada bahan baku biogas limbah cair industri saus.

III.5.2 Tahap Proses Pembuatan Produk

Limbah cair industri saus yang berasal dari proses perebusan di masukan ke dalam reaktor *fixed dome* hingga memenuhi kapasitas. Selanjutnya, mulai mengalirkan limbah cair ke dalam reaktor dengan HRT 4 hari atau dengan laju alir 0.09 mL/s dan dialirkan selama 10 hari. Selama proses fermentasi melakukan pengamatan terhadap gas yang telah dihasilkan. Biogas yang dihasilkan ditampung dalam plastik yang berbentuk tabung. Plastik ini dihubungkan dengan pipa pada bioreaktor *fixed dome*. Volume biogas yang dihasilkan diukur dengan menggunakan gelas ukur. Setelah hari ke-10 mengambil biogas yang didapatkan dan mengulangi proses di atas dengan HRT 7 dan 10 hari.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, mengambil hasil produksi biogas yang paling baik dan melakukan analisa kandungan biogas secara kuantitatif menggunakan metode GC (*Gas Chromatography*) yang dilakukan di Laboratorium Energi Robotika ITS. Proses analisa menggunakan GC (*Gas Chromatography*) yaitu memasukkan sampel (biogas) ke dalam *column oven containing coled column* melalui *injector oven*. Pada bagian alat itu, sampel yang dimasukkan akan diproses sehingga hasil analisa akan keluar dari *column oven containing coled column*. Hasil analisa tersebut muncul dalam *display* atau *print out*. Sedangkan limbah gasnya keluar melalui *detector oven*.



Setelah mendapatkan hasil produksi biogas yang paling baik dari ketiga HRT di atas. Selanjutnya mengulangi percobaan pembuatan biogas dengan cara yang sama dan HRT yang menghasilkan gas paling banyak dengan penambahan proses pemurnian. Proses pemurnian menggunakan metode absorpsi dengan larutan NaOH 0,1 N sebagai absorber. Biogas yang didapatkan dialirkan ke dalam erlenmeyer yang telah berisi larutan NaOH 0,1 N. Dari biogas yang telah diproduksi, dilakukan analisa kandungan CH₄ dari biogas dengan menggunakan analisa GC (*Gas Chromatography*).

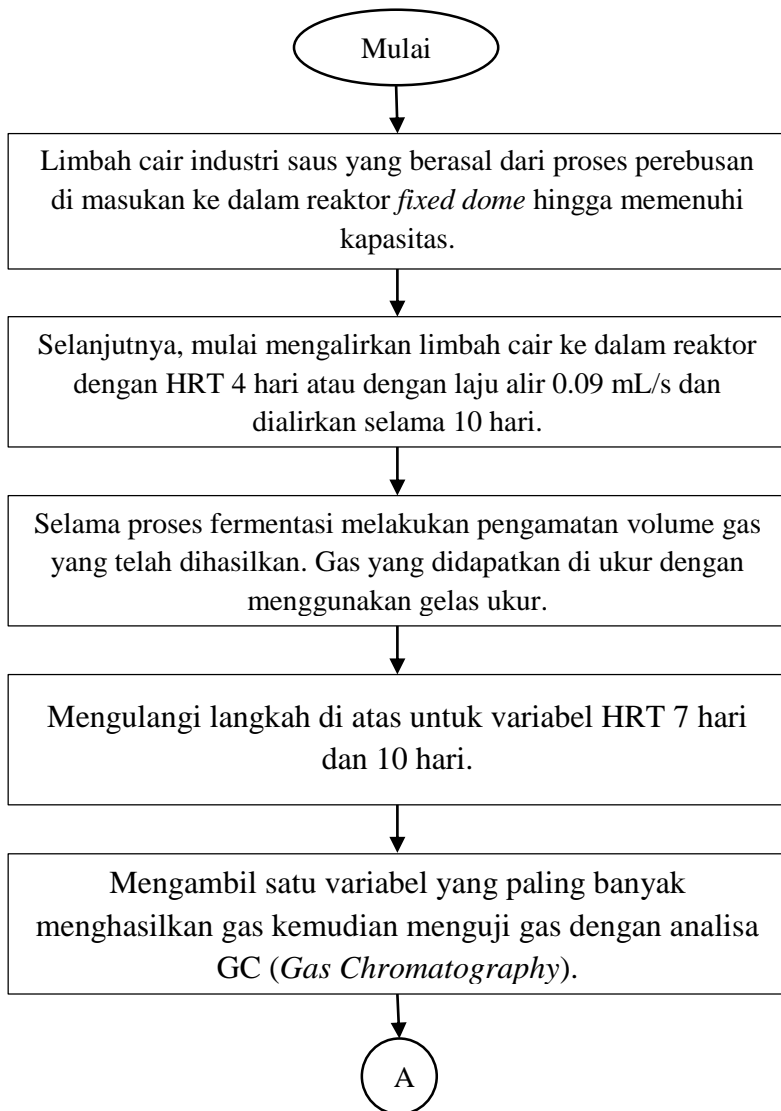
III.5.3 Tempat Pelaksanaan

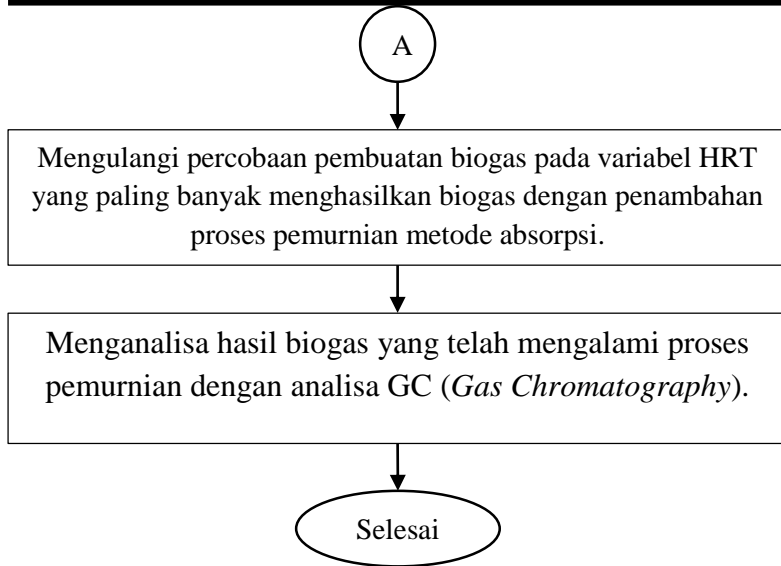
Percobaan pembuatan biogas dari limbah cair industri saus dengan menggunakan bioreaktor fixed dome dilaksanakan di :

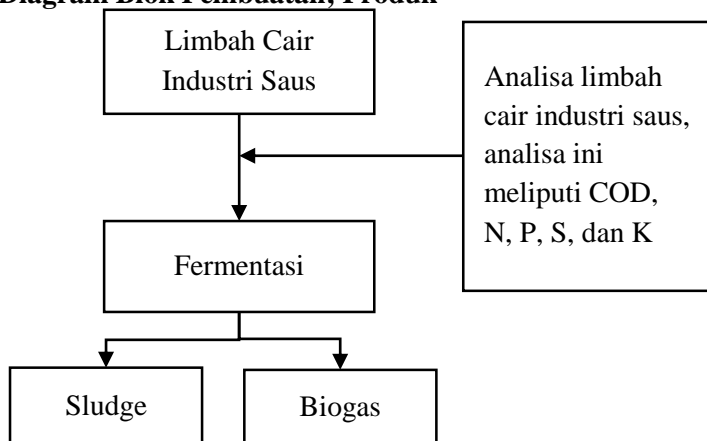
1. Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah DIII Teknik Kimia FTI-ITS



III.6 Diagram Alir Pelaksanaan Inovasi



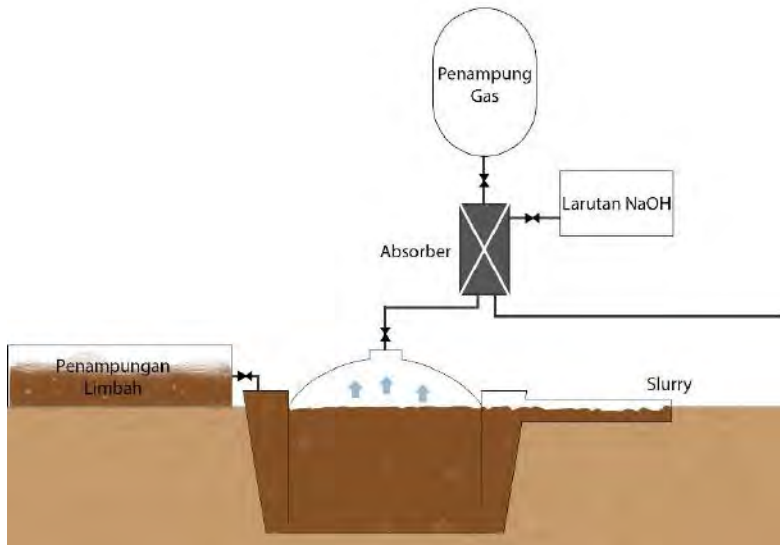


**III.7 Diagram Blok Pembuatan; Produk**



III.8 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang digunakan dalam pembuatan produk biogas adalah sebagai berikut :



Alat yang digunakan dalam pembuatan produk biogas dari limbah cair saus memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Tangki Penampungan Limbah

Dimensi :

Panjang : 3 meter

Lebar : 3 meter

Tinggi : 3 meter

Bahan : Semen, Pasir, Batu Bata

2. Bioreaktor *Fixed Dome*

Dimensi :

Diameter : 2,5 meter

Tinggi : 1,5 meter

Kapasitas tangki : 29,4 m³

Bahan : Semen, Pasir, Batu Bata

3. Tangki Sludge



Dimensi :

Panjang : 1 meter

Lebar : 1 meter

Tinggi : 1 meter

Bahan : Semen, Pasir, Batu Bata

4. Absorpsi NaOH 0,1 N

Dimensi :

Panjang : 1 meter

Diameter : 10 inch

Bahan : PVC

BAB IV

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Percobaan

Hasil penelitian ini nantinya diharapkan dapat bermanfaat. Antara lain dapat memanfaatkan limbah cair industri saus serta menaikkan nilai jual limbah cair industri saus serta diolah menjadi gas sebagai bahan bakar.

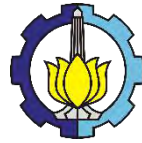
Variabel yang digunakan dalam percobaan ini adalah *Hydraulic Retention Time* (HRT) pada 4 hari, 7 hari, dan 10 hari, serta penambahan proses pemurnian dan tanpa proses pemurnian. Dari variabel tersebut diperoleh satu variabel yang optimum menghasilkan biogas. Hasil penelitian akan dibahas pada sub-bab pembahasan dan disajikan dalam bentuk grafik maupun tabel.

IV.1.1 Pengaruh *Hydraulic Retention Time* (HRT) 4, 7 dan 10 Hari terhadap Volume Biogas

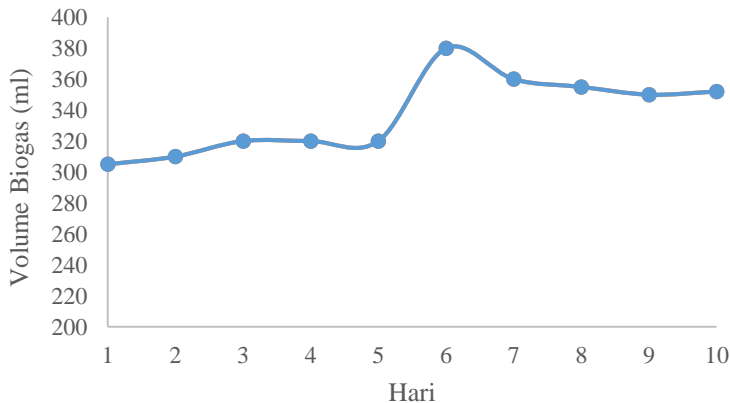
Volume Biogas perhari yang diperoleh pada variasi HRT 4,7 dan 10 hari, tersajikan dalam **Tabel IV.1** :

Tabel IV.1 Volume Biogas Pada HRT 4 Hari, 7 Hari dan 10 Hari

NO	Volume Biogas (ml)		
	HRT 4 Hari	HRT 7 Hari	HRT 10 Hari
1	305	320	320
2	310	365	355
3	320	360	390
4	320	390	460
5	320	320	370
6	380	360	350
7	360	450	385
8	305	320	320
9	310	365	355
10	320	360	390
Rata-rata	337.2	359.7	370.5



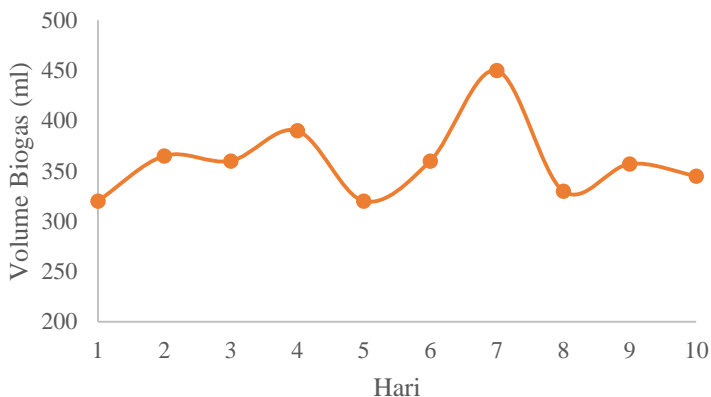
a) Hydraulic Retention Time (HRT) 4 Hari



Grafik IV.1 Pengaruh *Hydraulic Retention Time* (HRT) 4 Hari terhadap Volume Biogas yang Dihasilkan Selama 10 hari

Pada **Grafik IV.1** dibuat berdasarkan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 4 hari dengan volume biogas yang dihasilkan dari hari ke-1 hingga hari ke-10. Volume biogas pada hari ke-1 hingga ke-10 sebesar 305; 310; 320; 320; 320; 380; 360; 305; 310; 320 ml. Grafik tersebut mengalami kenaikan dan penurunan volume gas perharinya, dan didapatkan volume maksimum 380 ml pada hari ke-6 dan pada hari berikutnya volume biogas semakin menurun hingga hari ke-10. Volume rata-rata produksi gas perhari adalah 337,2 ml.

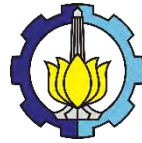
Grafik IV.1 awalnya menunjukkan kestabilan pada hari ke-3 sampai ke-6. Lalu pada hari ke-6 menghasilkan biogas yang paling maksimum, kemudian pada hari ke-7 hingga ke-10 mencapai kondisi stabil kembali. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi yang optimum pada hari ke-6 lalu mencapai kestabilan kembali. Kondisi tersebut dikatakan telah mencapai kondisi steady state.

**b) Hydraulic Retention Time (HRT) 7 Hari**

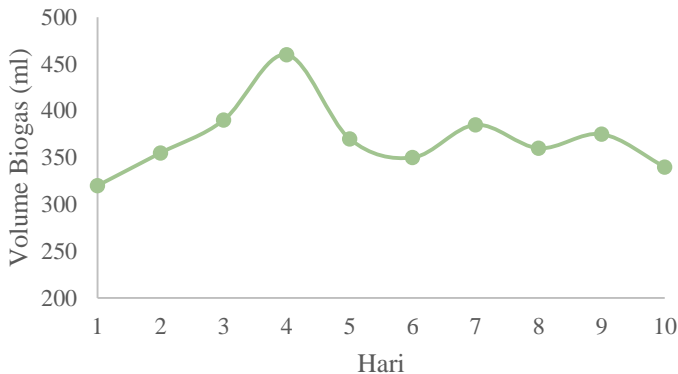
Grafik IV.2 Hubungan *Hydraulic Retention Time* (HRT) dengan Volume Biogas yang Dihasilkan Selama 7 hari

Pada **Grafik IV.2** dibuat berdasarkan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 7 hari dengan volume biogas yang di hasilkan dari hari ke-1 hingga hari ke-10. Volume biogas pada hari ke-1 hingga ke-10 sebesar 320; 365; 360; 390; 320; 360; 450; 330; 357; 345 ml. Grafik tersebut mengalami kenaikan dan penurunan volume gas perharinya, dan didapatkan volume maksimum 450 ml pada hari ke-7 dan pada hari berikutnya volume biogas mengalami kenaikan dan penurunan hingga hari ke-10. Volume rata-rata produksi gas perhari adalah 359,7 ml.

Grafik IV.2 tidak menunjukkan kestabilan pada hari ke-1 sampai ke-10. Lalu pada hari ke-7 menghasilkan biogas yang paling maksimum, kemudian pada hari ke-8 hingga ke-10 tetap menunjukkan fluktuasi. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tersebut belum mencapai kondisi steady state.



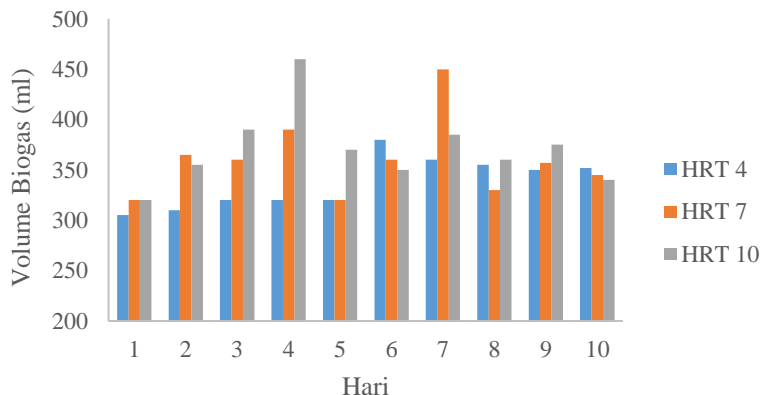
c) *Hydraulic Retention Time (HRT) 10 Hari*



Grafik IV.3 Hubungan *Hydraulic Retention Time (HRT)* dengan Volume Biogas yang Dihasilkan Selama 10 hari

Pada **Grafik IV.3** dibuat berdasarkan *Hydraulic Retention Time (HRT)* 10 hari dengan volume biogas yang di hasilkan dari hari ke-1 hingga hari ke-10. Volume biogas pada hari ke-1 hingga ke-10 sebesar 320; 355; 390; 460; 370; 350; 385; 360; 375; 340 ml. Grafik tersebut mengalami kenaikan dan penurunan volume gas perharinya, dan didapatkan volume maksimum 460 ml pada hari ke-4 dan pada hari berikutnya volume biogas mengalami kenaikan dan penurunan hingga hari ke-10. Volume rata-rata produksi gas perhari adalah 370,5 ml.

Grafik IV.3 tidak menunjukkan kestabilan pada hari ke-1 sampai ke-10. Lalu pada hari ke-4 menghasilkan biogas yang paling maksimum, kemudian pada hari ke-5 hingga ke-10 tetap menunjukkan fluktuasi dengan penurunan dan kenaikan yang tetap. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi tersebut belum mencapai kondisi steady state.

**d) Volume Biogas Pada Berbagai Variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT)**

Grafik IV.4 Volume Biogas pada berbagai variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT)

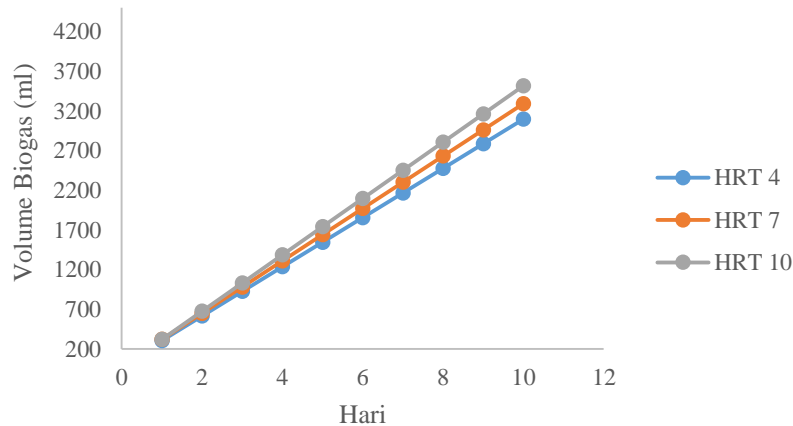
Grafik IV.4 menunjukkan hasil produksi biogas pada berbagai variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) yaitu pada HRT 4 hari ditunjukkan pada grafik berwarna biru, 7 hari ditunjukkan pada grafik berwarna merah dan 10 hari ditunjukkan pada grafik berwarna abu-abu. Pada **Grafik IV.4** dapat dilihat produksi biogas setiap harinya. Secara umum diperoleh kenaikan dan penurunan volume biogas disetiap variabel HRT. Pada HRT 10 hari menunjukkan perkembangan produksi biogas paling besar dan mencapai puncak pada hari ke-4 yaitu sebesar 460 ml dibandingkan dengan variabel HRT 7 hari mencapai puncak pada hari ke-7 sebesar 450 ml, variabel HRT 4 hari mencapai puncak pada hari ke-6 yaitu sebesar 380 ml. Didapatkan bahwa produksi rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya HRT.



Volume Biogas Akumulatif yang diperoleh pada variasi HRT 4,7, dan 10 hari, tersajikan dalam **Tabel IV.2** :

Tabel IV.2 Volume Biogas Akumulatif Pada HRT 4,7 dan 10 Hari

NO	Volume Biogas (ml)		
	HRT 4 Hari	HRT 7 Hari	HRT 10 Hari
1	305	320	320
2	615	650	675
3	925	980	1030
4	1235	1310	1385
5	1545	1640	1740
6	1855	1970	2095
7	2165	2300	2450
8	2475	2630	2805
9	2785	2960	3160
10	3095	3290	3515



Grafik IV.5 Volume Biogas Akumulatif pada berbagai variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT)

Grafik IV.5 menunjukkan hasil produksi biogas pada berbagai variasi *Hydraulic Retention Time* (HRT) yaitu pada



HRT 4 hari ditunjukkan pada grafik berwarna biru, 7 hari ditunjukkan pada grafik berwarna merah dan 10 hari ditunjukkan pada grafik berwarna abu-abu. **Grafik IV.5** menunjukkan produksi biogas secara akumulatif pada variasi HRT 4,7 dan 10 hari dengan volume biogas yang di hasilkan dari hari ke-1 hingga hari ke-10. Didapatkan hasil perkembangan pembentukan biogas bahwa produksi biogas meningkat seiring dengan bertambahnya hari. Secara akumulatif didapatkan hasil produksi biogas. Total produksi biogas pada HRT 4 hari sebesar 3095 ml, pada HRT 7 hari sebesar 3290 ml dan pada HRT 10 hari sebesar 3515 ml. Didapatkan hasil bahwa produksi biogas total terbesar terletak pada HRT 10 hari.

IV.1.2 Pengaruh HRT Terhadap Persen (%) Penyisihan COD Awal Bahan Biogas dengan COD Akhir

Nilai COD *removal* yang diperoleh pada variasi HRT 10 hari, tersajikan dalam **Tabel IV.3** :

Tabel IV.3 Nilai Persen COD *Removal* Pada HRT 10 hari

HRT	COD Awal (mg/l)	COD Akhir (mg/l)	Persen COD <i>Removal</i> (%)
4	7.720	1.893	75,47 %
7		1.281	83,40 %
10		874	88,67 %

Pada **Tabel IV.3**, didapatkan hasil persen *removal* COD pada HRT 4, 7, 10 hari dengan nilai 75,47 %, 83,40% dan 88,67%.

Persen *removal* COD yang paling maksimal dihasilkan pada variabel HRT 10 hari dengan kandungan COD awal sebesar 7.720 mg/L dan kandungan COD akhir sebesar 874 mg/L sehingga didapatkan persen *removal* sebesar 88,67 %.



IV.1.3 Pengaruh HRT Terhadap Nilai pH akhir setelah Melalui Proses Fermentasi

Nilai pH akhir setelah melalui proses fermentasi, tersajikan dalam **Tabel IV.4** :

Tabel IV.4 Nilai pH akhir pada variasi HRT

HRT	pH awal	pH akhir
4	5,27	8,69
7		7,51
10		7,45

Tabel IV.4 menunjukkan nilai pH akhir limbah setelah melalui proses fermentasi terlihat adanya peningkatan nilai pH yang semula pH awal sebesar 5,27 dan setelah melalui proses fermentasi mengalami peningkatan pada HRT 4, 7, 10 hari sebesar 7,45 ; 7,51 ; 8,69. Hal ini menyebutkan bahwa semakin besar HRT semakin berkurangnya nilai pH.

IV.1.4 Analisa Komposisi Biogas

Hasil analisa komposisi gas pada variabel HRT 10 hari tanpa pemurnian dan dengan pemurnian larutan NaOH 0,1 N tersajikan dalam **Tabel IV.4** :

Tabel IV.4 Komposisi Biogas pada variabel HRT 10 Hari

Komposisi	Konsentrasi	
	Tanpa Pemurnian	Dengan Pemurnian
Methana	34,15 %	25,06 %
Karbon dioksida	16,45 %	0,39 %
Udara	50,48 %	74,53 %

Pada **Tabel IV.4** menunjukkan bahwa produk biogas yang dihasilkan pada variabel HRT 10 hari tanpa proses pemurnian hampir memenuhi standar literatur yaitu kadar methan 50-75% (Teodorita, 2008).

Analisa kandungan metana dalam biogas dibutuhkan untuk mengetahui persen mol metana dalam biogas. Hasil analisis yang



diambil dari laboratorium Energi di Pusat Robotika ITS menggunakan *Gas Chromatography* didapat dalam persentase komposisi pada biogas tanpa pemurnian sebesar 34,15% methana, 16,45% karbon dioksida dan 50,48% udara, sedangkan persentase komposisi pada biogas dengan pemurnian sebesar 25,06% methana, 0,39% karbon dioksida dan 74,53% udara.

Dapat dilihat dari **Tabel IV.4** bahwa kandungan metana lebih besar pada biogas tanpa pemurnian, tetapi persentase karbondioksida sangat rendah pada biogas dengan proses pemurnian. Hal ini menyebabkan uji nyala pada biogas dengan pemurnian menimbulkan api yang lebih besar dan lebih lama.

IV.2 Pembahasan

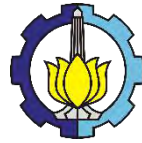
IV.2.1 Pengaruh *Hydraulic Retention Time (HRT)* Terhadap Produksi Biogas

Waktu tinggal limbah sangat berpengaruh pada reaksi penguraian oleh bakteri, semakin lama waktu tinggal limbah semakin banyak partikel organik yang terdegradasi oleh mikroorganisme dalam reaktor dan berpengaruh pada produksi biogas. Jadi semakin banyak partikel organik yang diuraikan akan menyebabkan produksi biogas semakin maksimal (*Masriani, 2014*)

Pada seluruh HRT, grafik mengalami kenaikan dan penurunan hal tersebut tidak sesuai dengan literatur hal ini dikarenakan proses anaerob sangat tergantung oleh aktivitas mikroorganisme yang sangat rentan terjadinya fluktuasi. Dan adanya kontaminasi udara menyebabkan bakteri penghasil biogas (bakteri metanogenesis) yang merupakan bakteri anaerob obligat akan mengalami hambatan pertumbuhan bahkan mati (*Deublein, 2008*).

IV.2.2 Pengaruh HRT terhadap Persen COD Removal setelah Mengalami Proses Fermentasi

Limbah cair industri saus mengandung padatan terlarut organik. Dengan COD awal bernilai 7.720 mg/L. Bahan organik tinggi yang terkandung dalam air buangan berpotensi untuk



mencemari lingkungan alam sekitarnya. Bahan organik tinggi ($COD > 4.000 \text{ mg/l}$) lebih tepat diolah dengan menggunakan pengolahan secara anaerob (Leslie Grady and Henry, 1991).

Proses Anaerob merupakan proses yang kompleks dengan melibatkan berbagai kelompok bakteri. Keterlibatan antara kelompok ini saling menguntungkan satu sama lainnya karena tidak terjadi saling kompetisi antara kelompok dalam rangka pemanfaatan nutrisi atau substrat. Nilai COD yang rendah menunjukkan kandungan senyawa organik di dalam air limbah akan rendah juga. Sehingga pada penelitian ini dipilih proses pengolahan secara anaerob karena proses anaerob tidak membutuhkan energi untuk aerasi sehingga kemampuan pembebanan bahan organik lebih tinggi karena tidak dibatasi oleh kebutuhan oksigen (Speece, 1996).

Didapatkan hasil persen *removal* COD pada HRT 4, 7, 10 hari dengan nilai 75,47 %, 83,40% dan 88,67%. HRT dalam reaktor juga sangat berpengaruh pada penurunan nilai COD, dimana semakin lama waktu tinggal (HRT) maka nilai COD akan semakin rendah, hal ini disebabkan waktu yang diperlukan mikroorganisme dalam mendegradasi partikel organik semakin lama sehingga nilai COD akan menurun dan menyebabkan nilai persen *removal* COD semakin besar

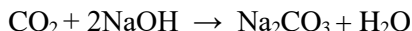
IV.2.3 Pengaruh HRT terhadap nilai pH akhir setelah Mengalami Proses Fermentasi

Pada awal reaksi fermentasi anaerobik, nilai pH akan menurun seiring dengan produksi VFA (*Volatile Fatty Acid*) atau asam lemak volatil. Penurunan pH menunjukkan terjadinya proses asidifikasi. Asidifikasi ditunjukkan dengan tingginya konsentrasi asam karena terjadi proses perubahan produk hasil hidrolisis menjadi asam-asam lemak yang mudah menguap seperti asetat, propionat dan butirat. Pada tahap metanogenesis, bakteri pembentuk metan akan mengonsumsi VFA sehingga alkalinitas meningkat yang berakibat pada kenaikan pH hingga tercapainya pH yang stabil (Mujdalipah, 2014)



IV.2.4 Pemurnian Biogas dengan Metode Absorpsi menggunakan Larutan NaOH 0,1 N.

Absorpsi dapat dilakukan dengan menambahkan senyawa yang mampu mengikat gas yang tidak diperlukan yaitu dengan senyawa alkali. Seperti larutan NaOH sesuai dengan persamaan reaksi berikut :



(Cahyo, 2009)

Dengan pemurnian ini tidak mencukupi pada yang disebutkan oleh literatur, hal ini disebabkan karena pengambilan sampel dalam keadaan terbuka, sehingga ada kemungkinan gas tersebut terkontaminasi dengan udara sekitar, tidak adanya alat penangkap uap air untuk mengurangi kandungan H_2O dalam biogas, letak alat di tempat terbuka sehingga tidak terjaga suhu yang diinginkan, atau terjadinya kebocoran gas penampung pada saat pengambilan gas dan tidak melakukan pengecekan terhadap kondisi operasi digester (suhu dan pH).

BAB V NERACA MASSA DAN PANAS

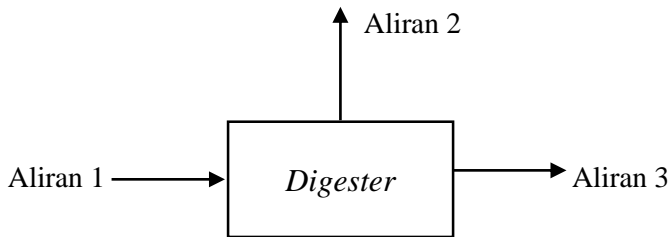
V.1 Neraca Massa

V.1.1 Neraca Massa Fermentasi

Basis = 8,625 kg/hari

Tabel V.1 Komposisi Limbah Cair

Komponen	Persentase (%)	Massa (kg)
C ₆ H ₁₂ O ₆	13,009	1,122
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	7,042	0,607
H ₂ O	79,949	6,896
Total	100	8,625



Keterangan :

Aliran 1 : *Feed* masuk dalam *digester*

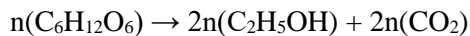
Aliran 2 : Gas hasil fermentasi

Aliran 3 : *Sludge*

V.1.1 Reaksi pada Glukosa

V.1.1.1 Reaksi Asidogenesis

Reaksi :



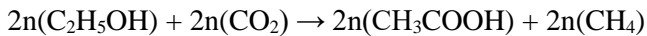
	$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$	$2n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$	$2n(\text{CO}_2)$
Mula	0,006		
Reaksi	0,006	0,011	0,011
Sisa	0,009	0,011	0,011

**Tabel V.2** Massa Komponen pada Reaksi Asidogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula (kg)	Sisa (kg)
C ₆ H ₁₂ O ₆	180	1,122	0,127
C ₂ H ₅ OH	46	-	0,509
CO ₂	44	-	0,486

V.1.1.2 Reaksi Asetogenesis

Reaksi :



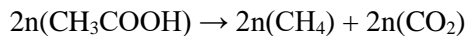
	C ₂ H ₅ OH	CO ₂	CH ₃ COOH	CH ₄
Mula	0,011	0,011		
Reaksi	0,010	0,010	0,010	0,010
Sisa	0,001	0,001	0,010	0,010

Tabel V.3 Massa Komponen pada Reaksi Asetogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula (kg)	Sisa (kg)
C ₂ H ₅ OH	46	0,509	0,058
CO ₂	44	0,486	0,055
CH ₃ COOH	60	-	0,588
CH ₄	16	-	0,157

V.1.1.3 Reaksi Metanogenesis

Reaksi :



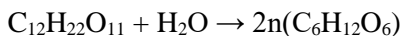
	2n(CH ₃ COOH)	2n(CH ₄)	2n(CO ₂)
Mula	0,010		
Reaksi	0,009	0,009	0,009
Sisa	0,001	0,009	0,009

**Tabel V.4** Massa Komponen pada Reaksi Metanogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula (kg)	Sisa (kg)
CH ₃ COOH	60	0,588	0,067
CH ₄	16	-	0,139
CO ₂	44	-	0,382

V.1.2 Reaksi pada Maltosa**V.1.2.1 Reaksi Hidrolisis**

Reaksi :



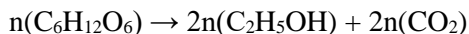
	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	H ₂ O	C ₆ H ₁₂ O ₆
Mula	0,002	0,383	
Reaksi	0,002	0,002	0,002
Sisa	0,000	0,382	0,002

Tabel V.5 Massa Komponen pada Reaksi Hidrolisis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula (kg)	Sisa (kg)
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	342	0,607	0,069
H ₂ O	18	6,896	6,867
C ₆ H ₁₂ O ₆	180	-	0,283

V.1.2.2 Reaksi Asidogenesis

Reaksi :



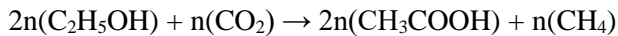
	n(C ₆ H ₁₂ O ₆)	2n(C ₂ H ₅ OH)	2n(CO ₂)
Mula	0,002		
Reaksi	0,001	0,006	0,006
Sisa	0,000	0,006	0,006

**Tabel V.6** Massa Komponen pada Reaksi Asidogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula (kg)	Sisa (kg)
C ₆ H ₁₂ O ₆	180	0,283	0,032
C ₂ H ₅ OH	46	-	0,257
CO ₂	44	-	0,246

V.1.2.3 Reaksi Asetogenesis

Reaksi :



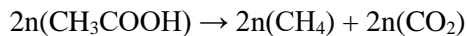
	C ₂ H ₅ OH	CO ₂	CH ₃ COOH	CH ₄
Mula	0,006	0,006		
Reaksi	0,005	0,005	0,005	0,005
Sisa	0,001	0,001	0,005	0,005

Tabel V.7 Massa Komponen pada Reaksi Asetogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula (kg)	Sisa (kg)
C ₂ H ₅ OH	46	0,257	0,029
CO ₂	44	0,246	0,028
CH ₃ COOH	60	-	0,297
CH ₄	16	-	0,079

V.1.2.4 Reaksi Metanogenesis

Reaksi :



	2n(CH ₃ COOH)	2n(CH ₄)	2n(CO ₂)
Mula	0,005		
Reaksi	0,004	0,004	0,004
Sisa	0,001	0,004	0,004

**Tabel V.8** Massa Komponen pada Reaksi Metanogenesis

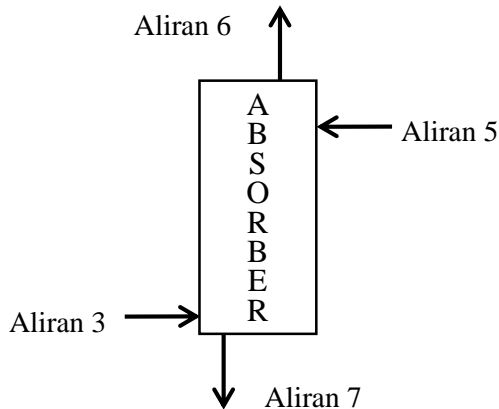
Komponen	Berat Molekul	Mula-mula (kg)	Sisa (kg)
CH ₃ COOH	60	0,297	0,034
CH ₄	16	-	0,070
CO ₂	44	-	0,193

Tabel V.9 Neraca Massa Total

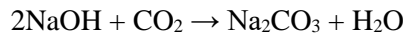
Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
C ₆ H ₁₂ O ₆	1,122	Gas	
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,607	CH ₄	0,445
H ₂ O	6,896	CO ₂	0,659
		Sludge	
		H ₂ O	6,789
		C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,229
		C ₆ H ₁₂ O ₆	0,258
		C ₂ H ₅ OH	0,117
		CH ₃ COOH	0,128
Total	8,625	Total	8,625



V.1.3 Neraca Massa Absorber



Reaksi :



	NaOH	CO ₂	Na ₂ CO ₃	H ₂ O
Mula	0,030	0,015		
Reaksi	0,015	0,015	0,015	0,015
Sisa	0,015	0,000	0,015	0,015

Tabel V.10 Massa Komponen pada Absorber

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula (kg)	Sisa (kg)
NaOH	40	0,060	0,611
CO ₂	44	0,659	0,013
Na ₂ CO ₃	106	-	1,555
H ₂ O	18	-	0,264

Karena menggunakan NaOH 10% maka jumlah NaOH yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{NaOH mula} &= 0,272 \times 10\% \\ &= 0,028 \text{ kmol}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O mula} &= 0,272 \times 90\% \\ &= 0,244 \text{ kmol} \end{aligned}$$

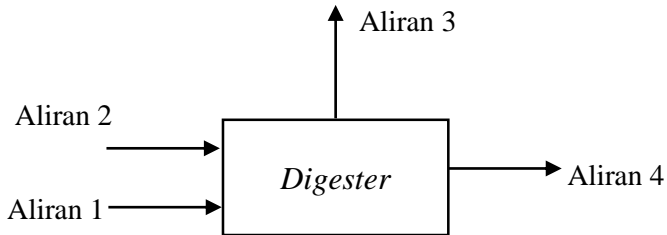
Tabel V.11 Neraca Massa Total

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
C ₆ H ₁₂ O ₆	1,122	Gas	
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,607	CH ₄	0,445
H ₂ O	6,896	CO ₂	0,013
CH ₄	0,445	Sludge	
CO ₂	0,659	H ₂ O	6,789
NaOH	0,060	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,229
H ₂ O	0,237	C ₆ H ₁₂ O ₆	0,258
		C ₂ H ₅ OH	0,117
		CH ₃ COOH	0,128
		Na ₂ CO ₃	1,688
		H ₂ O	0,358
Total	10,026	Total	10,026



V.1.4 Neraca Massa Percobaan

Basis Perhitungan : 8,625 kg/hari



Neraca Massa Total :

$$A_4 + A_3 = A_1 + A_2$$

Neraca Massa Komponen :

Aliran 1

Komponen	% Massa	kg/hari
$C_6H_{12}O_6$	13,0089	1,1221
$C_{12}H_{22}O_{11}$	7,0420	0,6073
H_2O	79,9492	6,8956

Aliran 2

Komponen	kg/hari
Udara	0,004902

Aliran 3

Komponen	% Volume	Volume (m^3)	Densitas (kg/m^3)	kg/hari
CH_4	34,12	0,3145	0,717	0,2448
CO_2	15,37	0,1536	1,977	0,3038
Udara	50,48	0,5048	1,29	0,6512



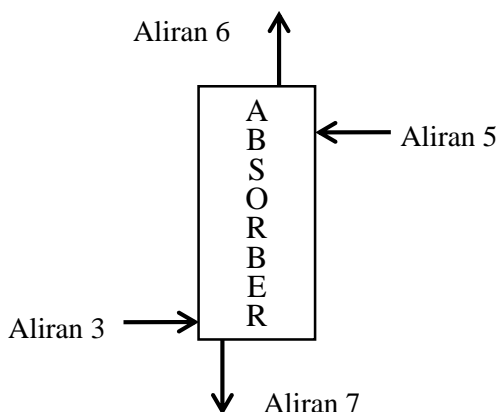
Aliran 4

Komponen	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	kg/hari
Slurry	7,42	0,999	74,4126

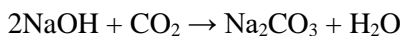
Neraca Massa Total

Masuk		Keluar	
Aliran 1		Aliran 3	
C ₆ H ₁₂ O ₆	1,1221	CH ₄	0,2448
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,6073	CO ₂	0,3038
H ₂ O	6,8956	Udara	0,6512
Aliran 2		Aliran 4	
Udara	0,0049	Slurry	74,4126
Total	8,6299	Total	8,6299

V.1.5 Neraca Massa Absorber



Reaksi :





	NaOH	CO ₂	Na ₂ CO ₃	H ₂ O
Mula	0,020	0,007		
Reaksi	0,013	0,007	0,007	0,007
Sisa	0,007	0,0002	0,007	0,007

Neraca Massa Total

$$A_3 + A_5 = A_6 + A_7$$

Neraca Massa Komponen

Aliran 3

Komponen	% Volume	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	kg/hari
CH ₄	34,12	0,3145	0,717	0,2448
CO ₂	15,37	0,1536	1,977	0,3038
Udara	50,48	0,5048	1,29	0,6512

Aliran 5

Komponen	kg/hari
NaOH	0,8
H ₂ O	9,2

Aliran 6

Komponen	% Volume	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	kg/hari
CH ₄	25,06	0,2506	0,717	0,1796
CO ₂	0,39	0,0039	1,977	0,0077
Udara	74,53	0,7452	1,29	0,9614

Aliran 7

Komponen	kg/hari
Na ₂ CO ₃	0,713
H ₂ O	0,1211



Neraca Massa Total

Masuk		Keluar	
Aliran 1		Aliran 3	
CH ₄	0,2448	CH ₄	0,1796
CO ₂	0,3038	CO ₂	0,0077
Udara	0,6512	Udara	0,9614
Aliran 2		Aliran 4	
NaOH	0,8	NaOH	0,7133
H ₂ O	9,2	Na ₂ CO ₃	9,3211
Udara	0,3	H ₂ O	0,2616
Total	11,5101	Total	11,4493

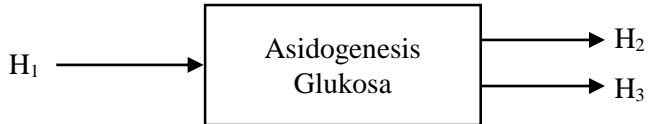
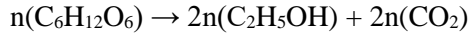


V.2 Neraca Panas

V.2.1 Neraca Panas pada Glukosa

V.2.1.1 Reaksi Asidogenesis

Reaksi :



Tabel V.12 Perhitungan ΔH Reaksi Asidogenesis

T = 30 °C

T_{ref} = 25 °C

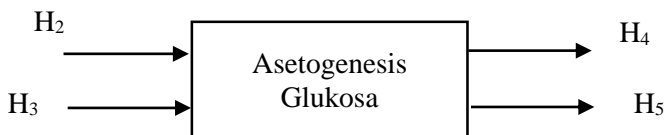
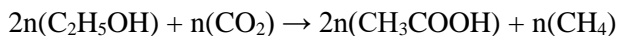
Komponen	Massa (kg)	Cp (cal/kg°C)	T-T _{ref} (°C)	H (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	14,168	0,314	5	22,253
C ₂ H ₅ OH	6,373	0,580	5	18,480
CO ₂	6,096	0,202	5	6,154

Tabel V.13 Perhitungan ΔH_{25} Asidogenesis

Komponen	Mol	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	0,069	-304326,000	-21079,766
C ₂ H ₅ OH	0,139	-66326,482	-9188,480
CO ₂	0,139	-94051,147	-13029,292
$\Delta H_{25} = \Delta H \text{ Produk} - \Delta h \text{ Reaktan}$			-1138,006

**V.2.1.2 Reaksi Asetogenesis**

Reaksi :

**Tabel V.13** Perhitungan ΔH Reaksi Asetogenesis

T = 30 °C

T ref = 25 °C

Komponen	Massa (kg)	Cp (cal/kg°C)	T-T ref (°C)	H (cal)
C ₂ H ₅ OH	6,373	0,580	5	18,480
CO ₂	3,413	0,202	5	3,446
CH ₃ COO	7,315	0,491	5	17,965
H				
CH ₄	0,975	0,534	5	2,606

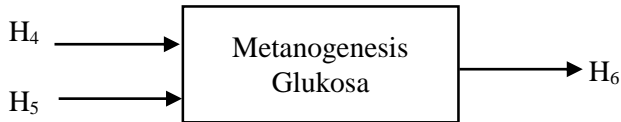
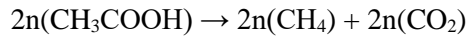
Tabel V.14 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Asetogenesis

Komponen	Mol	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	0,139	-66326,482	-9188,480
CO ₂	0,139	-94051,147	-13029,292
CH ₃ COOH	0,122	-115730,402	-14108,695
CH ₄	0,061	-17829,800	-1086,816
$\Delta H_{25} = \Delta H \text{ Produk} - \Delta h \text{ Reaktan}$			7022,261



V.2.1.3 Reaksi Metanogenesis

Reaksi :



Tabel V.14 Perhitungan ΔH Reaksi Metanogenesis

T = 30 °C

T ref = 25 °C

Komponen	Massa (kg)	Cp (cal/kg°C)	T-T ref (°C)	H (cal)
CH ₃ COOH	7,315	0,491	5	17,965
CH ₄	1,716	0,534	5	4,586
CO ₂	4,720	0,202	5	4,765

Tabel V.15 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Metanogenesis

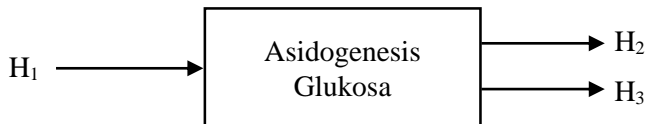
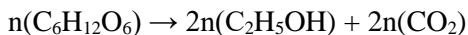
Komponen	Mol	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
CH ₃ COOH	0,12191	-115730,402	-14108,695
CH ₄	0,1072808	-17829,800	-1912,795
CO ₂	0,1072808	-94051,147	-10089,884
$\Delta H_{25} = \Delta H \text{ Produk} - \Delta h \text{ Reaktan}$			2106,016



V.2.2 Neraca Panas pada Maltosa

V.2.2.1 Reaksi Asidogenesis

Reaksi :



Tabel V.15 Perhitungan ΔH Reaksi Asidogenesis

T = 30 °C

T ref = 25 °C

Komponen	Massa (kg)	Cp (cal/kg°C)	T-T ref (°C)	H (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	3,552	0,314	5	5,579
C ₂ H ₅ OH	3,195	0,580	5	9,266
CO ₂	3,056	0,202	5	3,085

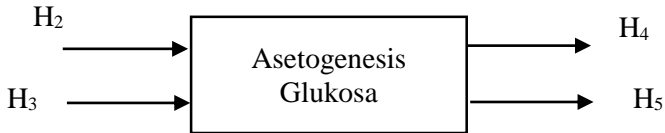
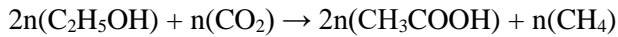
Tabel V.16 Perhitungan ΔH_{25} Asidogenesis

Komponen	Mol	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	0,020	-304326,000	-6005,716
C ₂ H ₅ OH	0,069	-66326,482	-4607,394
CO ₂	0,069	-94051,147	-6533,298
$\Delta H_{25} = \Delta H \text{ Produk} - \Delta h \text{ Reaktan}$			-5134,976



V.2.2.2 Reaksi Asetogenesis

Reaksi :



Tabel V.17 Perhitungan ΔH Reaksi Asetogenesis

T = 30 °C

T ref = 25 °C

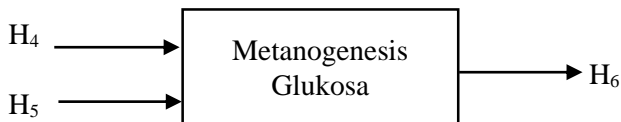
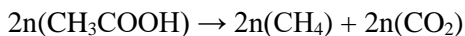
Komponen	Massa (kg)	Cp (cal/kg° C)	T-T ref (°C)	H (cal)
C ₂ H ₅ OH	3,195	0,580	5	9,267
CO ₂	1,712	0,202	5	1,728
CH ₃ COOH	3,668	0,491	5	9,008
CH ₄	0,489	0,534	5	1,307

Tabel V.18 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Asetogenesis

Komponen	Mol	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	0,069	-66326,482	-4607,394
CO ₂	0,061	-94051,147	-5749,302
CH ₃ COOH	0,061	-115730,402	-7074,55
CH ₄	0,031	-17829,800	-544,964
$\Delta H_{25} = \Delta H \text{ Produk} - \Delta h \text{ Reaktan}$			2737,188

**V.2.2.3 Reaksi Metanogenesis**

Reaksi :

**Tabel V.19** Perhitungan ΔH Reaksi Metanogenesis

T = 30 °C

T ref = 25 °C

Komponen	Massa (kg)	Cp (cal/kg°C)	T-T ref (°C)	H (cal)
CH ₃ COOH	3,668	0,491	5	9,008
CH ₄	0,861	0,534	5	2,300
CO ₂	2,367	0,202	5	2,390

Tabel V.20 Perhitungan ΔH_{25} Reaksi Metanogenesis

Komponen	Mol	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
CH ₃ COOH	0,061	-115730,402	-7074,545
CH ₄	0,054	-17829,800	-959,136
CO ₂	0,054	-94051,147	-5059,386
$\Delta H_{25} = \Delta H \text{ Produk} - \Delta h \text{ Reaktan}$			1056,023

**Tabel V.21** Neraca Panas Total

Masuk		Keluar	
$C_6H_{12}O_6$	27,832	C_2H_5OH	27,747
		CO_2	9,239
ΔH_{25}	-6272,983	ΔH Reaksi	-6263,828
C_2H_5OH	27,747	CH_3COOH	26,973
CO_2	5,174	CH_4	3,912
ΔH_{25}	9759,449	ΔH Reaksi	9757,413
CH_3COOH	26,973	CH_4	6,886
ΔH_{25}	3162,039	CO_2	7,155
		ΔH Reaksi	3149,107
Total	6736,231	Total	6736,231

BAB VI

ANALISIS KEUANGAN

VI.1 Anggaran Biaya Pembuatan Produk

Estimasi keuangan total “Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Industri Saus dengan Menggunakan Reaktor Fixed-Dome” pada skala industri kecil.

Kapasitas Produksi : 10 m³

Waktu Operasi : 10 hari

Bahan yang dibutuhkan untuk membuat biogas dalam
1 kali produksi :

Limbah cair : 27 m³

Tabel VI.1 Investasi Peralatan Proses Produksi (*Fixed Cost*)

No	Keterangan	Spesifikasi	Kuan- titas	Harga (Rp.)	Total Biaya (Rp.)
1.	Kontruksi Digester	Volume 3 m ³	1 buah	4.000.000	4.000.000
2	Tangki Penampung Gas	Volume 1 m ³ (Plastik)	1 buah	1.500.000	1.500.000
3.	Pipa	Panjang 4 m	1 buah	280.000	280.000
4.	Valve	12 Lbs	4 buah	112,500	450.000
5.	Selang karet	Tahan panas dan	2 buah	97.500	195.000



		tekanan tinngi			
6.	Barometer	0-315 kg/cm ²	1 buah	105.000	105.000
7.	Termometer	0-100 °C	1 buah	364.000	364.000
8.	Pompa Air	125 Watt	2 buah	800.000	1.600.000
9.	Absorber		1 buah	600.000	600.000
Sub-Total					9.094.000

Tabel VI.2 Investasi Bahan Habis Pakai Perhari (*Variable Cost*)

No	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp.)	Total Biaya (Rp.)
1.	Gaji Karyawan (Per-hari)	3 Orang	125.000	375.000.
1.	Listrik	500 kwh	1.200	2.500
Sub-Total				377.500

Tabel VI.3 Pendukung Utilitas

No	Keterangan	Kuantitas	Harga (Rp.)	Total Biaya (Rp.)
1.	Maintenance Peralatan	-	500.000	500.000
Sub-Total				500.000

**a. Biaya tetap (FC)**

Biaya tetap adalah tota biaya yang tidak akan mengalami perubahan apabila terjadi perubahan volume produksi. Biaya tetap secara total akan selalu konstan sampai tingkat kapasitas penuh. Biaya tetap merupakan biaya yang akan selalu terjadi walaupun perusahaan tidak berproduksi. Biaya tetap meliputi PBB, penyusutan alat, utilitas, gaji karyawan, dan maintenance peralatan.

1. Investasi Peralatan	=	9.094.000
2. Maintenance Peralatan	=	500.000
Total	=	9.594.000

b. Biaya Variabel (VC)

Biaya variabel adalah total biaya yang berubah-ubah tergantung dengan perubah volume penjualan/produksi. Biaya variabel akan berubah secara proposional dengan perubahan volume produksi. Biaya variabel meliputi kebutuhan bahan baku.

Biaya variabel per produksi = 377.500

$$\begin{aligned}\text{Biaya Variabel per m3} &= \frac{\text{Biaya Variabel Per Produksi}}{\text{Jumlah produksi (m3)}} \\ &= \frac{377.500}{10} \\ &= \text{Rp. 37.750}\end{aligned}$$



c. Biaya Produksi Total (TC)

Biaya produksi total merupakan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses produksi dalam waktu satu bulan.

$$\begin{aligned} \text{FC} + (30 \text{ VC}) &= \text{Rp. } 9.094.000 + (30 \times \text{Rp. } 377.500) \\ &= \text{Rp. } 9.094.000 + (11.325.000) \\ &= \text{Rp. } 20.419.000 \end{aligned}$$

VI.2 Harga Pokok Penjualan (HPP)

Harga pokok penjualan adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang dikeluarkan untuk memperoleh barang yang akan dijual atau harga perolehan dari barang yang akan dijual.

- Jumlah gas yang akan dihasilkan dalam 1 kali produksi = 10 m^3
- Jumlah gas yang dihasilkan dalam 1 bulan = 300 m^3

$$\begin{aligned} \text{HPP} &= \frac{\text{Biaya produksi total (TC)}}{\text{Jumlah produk per bulan}} \\ &= \frac{20.419.000}{300} \\ &= \text{Rp. } 68.063/\text{m}^3 \end{aligned}$$

- Laba $= 50\% \times \text{HPP}$
 $= 50\% \times \text{Rp. } 68.063$
 $= \text{Rp. } 34.031,5$
- Harga Jual $= \text{HPP} + \text{Laba}$
 $= \text{Rp. } 102.094/\text{m}^3$
- Hasil Penjualan perbulan $= \text{Rp. } 102.094 \times 300$
 $= \text{Rp. } 30.628.350$



- Laba per bulan = Rp. 30.628.350-Rp. Rp. 20.419.000
= Rp. 10.209.350
- Laba Per tahun = Rp. 10.209.350 x 12 bulan
= Rp. 122.512.200

VI.3 Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) ialah titik impas dimana posisi jumlah pendapatan dan biaya sama atau seimbang sehingga tidak terdapat keuntungan ataupun kerugian dalam suatu perusahaan. *Break Even Point* ini digunakan untuk menganalisis proyeksi sejauh mana banyaknya jumlah unit yang diproduksi atau sebanyak apa uang yang harus diterima untuk mendapatkan titik impas atau kembali modal.

BEP unit : titik pulang pokok (BEP) yang dinyatakan dalam penjualan produk di nilai tertentu.

$$\begin{aligned}\text{BEP Unit} &= \frac{\text{Biaya tetap}}{\text{Harga jual per m}^3\text{-biaya variabel per m}^3} \\ &= \frac{9.094.000}{102.094- 37.750} \\ &= 141.334,07\end{aligned}$$

Artinya , perusahaan perlu menjual 141.334 m³ biogas agar terjadi BEP.



- BEP rupiah : titik pulan pokok (BEP) yang dinyatakan dalam jumlah penjualan atau harga penjualan tertentu.
 Kontribusi margin per kg
 $= \text{harga jual per m}^3 - \text{biaya variabel per m}^3$
 $= 102.094 - 37.750$
 $= \text{Rp. } 64.344$

$$\begin{aligned} \text{BEP Rupiah} &= \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Kontribusi margin per kg} : \text{biaya variabel per kg}} \\ &= \frac{9.594.000}{\text{Rp. } 64.344 : \text{Rp. } 37.750} \\ &= \text{Rp. } 5.643.529 \end{aligned}$$

Artinya perusahaan perlu mendapatkan omset penjualan biogas senilai Rp. 5.643.529 agar terjadi BEP, maka perusahaan tersebut akan memperoleh keuntungan jika mendapat omset sebesar

- BEP : titik pulang pokok (BEP) yang dinyatakan dalam jangka waktu tertentu
 Biaya pengeluaran per tahun
 $= \text{Biaya investasi peralatan} + \text{Biaya kebutuhan bahan baku} + \text{biaya pendukung utilitas} + \text{biaya lainnya}$
 $= 9.094.000 + (377.500 \times 12) + (500.000 \times 12)$
 $= \text{Rp. } 19.624.000$



$$\begin{aligned} \text{BEP} &= \frac{\text{Biaya Pengeluaran per tahun}}{\text{Hasil penjualan per bulan} \times 12} \\ &= \frac{\text{Rp. 19.624.000}}{\text{Rp. 30.628.350} \times 12} \\ &= 0,053 \text{ tahun} \\ &= 20 \text{ hari} \end{aligned}$$

Artinya, perusahaan perlu mendapatkan waktu penjualan biogas selama 20 hari agar terjadi BEP, maka perusahaan tersebut akan memperoleh keuntungan.

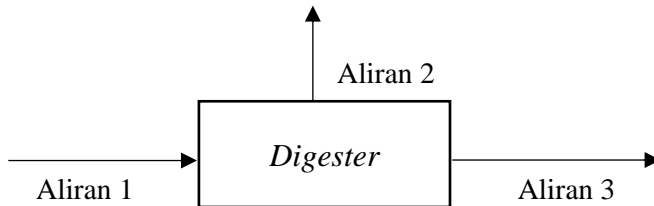
APPENDIKS A NERACA MASSA

A.1 Neraca Massa Fermentasi

Basis = 8,6 kg/hari

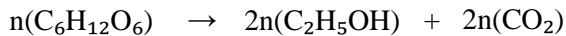
Tabel A.1 Komposisi Limbah Cair

Komponen	Persentase (%)	Massa (kg)
$C_6H_{12}O_6$	13,009%	1,122
$C_{12}H_{22}O_{11}$	7,042%	0,607
H_2O	79,949%	6,896
Total	100%	8,625



A.1.1 Reaksi pada Glukosa

A.1.1.1 Reaksi Asidogenesis



	$n(C_6H_{12}O_6)$	$2n(C_2H_5OH)$	$2n(CO_2)$
Mula-mula	0,006		
Reaksi	0,006	0,011	0,011
Sisa	0,001	0,011	0,011

Tabel A.2 Massa Komponen pada Reaksi Asidogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula	Sisa
C ₆ H ₁₂ O ₆	180	1,122	0,127
C ₂ H ₅ OH	46	-	0,509
CO ₂	44	-	0,486

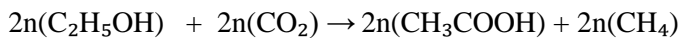
$$\begin{aligned}
 \text{Massa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 &= \text{Mol mula-mula C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\
 &= 0,006 \times 180 \\
 &= 1,122 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sisa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 &= \text{Mol sisa C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \text{BM C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\
 &= 0,001 \times 180 \\
 &= 0,127 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa C}_2\text{H}_5\text{OH} &= \text{Mol sisa C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \text{BM C}_2\text{H}_5\text{OH} \\
 &= 0,011 \times 46 \\
 &= 0,509 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= \text{Mol sisa CO}_2 \times \text{BM CO}_2 \\
 &= 0,011 \times 44 \\
 &= 0,486 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

A.1.1.2 Reaksi Asetogenesis



	2n(C ₂ H ₅ OH)	2n(CO ₂)	2n(CH ₃ COOH)	2n(CH ₄)
Mula-mula	0,011	0,011		
Reaksi	0,010	0,010	0,010	0,010
Sisa	0,001	0,001	0,010	0,010

Tabel A.3 Massa Komponen pada Reaksi Asetogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula	Sisa
C ₂ H ₅ OH	46	0,509	0,058
CO ₂	44	0,486	0,055
CH ₃ COOH	60	-	0,588
CH ₄	16	-	0,157

$$\begin{aligned}
 \text{Massa C}_2\text{H}_5\text{OH} &= \text{Mol mula-mula C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \text{BM C}_2\text{H}_5\text{OH} \\
 &= 0,011 \times 46 \\
 &= 0,509 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

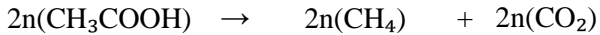
$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= \text{Mol mula-mula CO}_2 \times \text{BM CO}_2 \\
 &= 0,011 \times 44 \\
 &= 0,486 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= \text{Mol sisa CO}_2 \times \text{BM CO}_2 \\
 &= 0,001 \times 44 \\
 &= 0,055 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CH}_3\text{COOH} &= \text{Mol sisa CH}_3\text{COOH} \times \text{BM CH}_3\text{COOH} \\
 &= 0,010 \times 60 \\
 &= 0,588 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CH}_4 &= \text{Mol sisa CH}_4 \times \text{BM CH}_4 \\
 &= 0,010 \times 16 \\
 &= 0,157 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

A.1.1.3 Reaksi Metanogenesis



	$2n(\text{CH}_3\text{COOH})$	$2n(\text{CH}_4)$	$2n(\text{CO}_2)$
Mula-mula	0,010		
Reaksi	0,009	0,009	0,009
Sisa	0,001	0,009	0,009

Tabel A.4 Massa Komponen pada Reaksi Metanogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula	Sisa
CH_3COOH	60	0,588	0,067
CH_4	16	-	0,139
CO_2	44	-	0,382

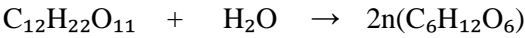
$$\begin{aligned}
 \text{Massa } \text{CH}_3\text{COOH} &= \text{Mol mula-mula } \text{CH}_3\text{COOH} \times \text{BM } \text{CH}_3\text{COOH} \\
 &= 0,010 \times 60 \\
 &= 0,588 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa } \text{CH}_4 &= \text{Mol sisa } \text{CH}_4 \times \text{BM } \text{CH}_4 \\
 &= 0,009 \times 16 \\
 &= 0,139 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa } \text{CO}_2 &= \text{Mol sisa } \text{CO}_2 \times \text{BM } \text{CO}_2 \\
 &= 0,009 \times 44 \\
 &= 0,382 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

A.1.2 Reaksi pada Maltosa

A.1.2.1 Reaksi Hidrolisis



	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	$\text{n}(\text{H}_2\text{O})$	$\text{n}(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$
Mula-mula	0,002	0,383	
Reaksi	0,002	0,002	0,002
Sisa	0,000	0,382	0,002

Tabel A.5 Massa Komponen pada Reaksi Hidrolisis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula	Sisa
$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	342	0,607	0,069
H_2O	18	6,896	6,867
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180	-	0,283

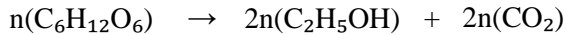
$$\begin{aligned}\text{Massa } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} &= \text{Mol mula-mula } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \times \text{BM } \text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} \\ &= 0,002 \times 342 \\ &= 0,607 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } \text{H}_2\text{O} &= \text{Mol mula-mula } \text{H}_2\text{O} \times \text{BM } \text{H}_2\text{O} \\ &= 0,383 \times 18 \\ &= 6,896 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } \text{H}_2\text{O} &= \text{Mol sisa } \text{H}_2\text{O} \times \text{BM } \text{H}_2\text{O} \\ &= 0,382 \times 18 \\ &= 6,867 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 &= \text{Mol sisa } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \text{BM } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\ &= 0,002 \times 180 \\ &= 0,283 \text{ kg}\end{aligned}$$

A.1.2.2 Reaksi Asidogenesis



	$n(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$	$2n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$	$2n(\text{CO}_2)$
Mula-mula	0,002		
Reaksi	0,001	0,006	0,006
Sisa	0,000	0,006	0,006

Tabel A.6 Massa Komponen pada Reaksi Asidogenesis

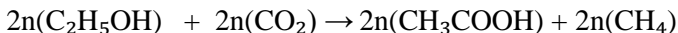
Komponen	Berat Molekul	Mula-mula	Sisa
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	180	0,283	0,032
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46	-	0,257
CO_2	44	-	0,246

$$\begin{aligned} \text{Massa } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 &= \text{Mol mula-mula } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \text{BM } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \\ &= 0,002 \times 180 \\ &= 0,283 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} &= \text{Mol sisa } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \text{BM } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \\ &= 0,006 \times 46 \\ &= 0,257 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa } \text{CO}_2 &= \text{Mol sisa } \text{CO}_2 \times \text{BM } \text{CO}_2 \\ &= 0,006 \times 44 \\ &= 0,246 \text{ kg} \end{aligned}$$

A.1.2.3 Reaksi Asetogenesis



	$2n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$	$n(\text{CO}_2)$	$2n(\text{CH}_3\text{COOH})$	$n(\text{CH}_4)$
Mula-mula	0,006	0,006		
Reaksi	0,005	0,005	0,005	0,005
Sisa	0,001	0,001	0,005	0,005

Tabel A.7 Massa Komponen pada Reaksi Asetogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula	Sisa
C ₂ H ₅ OH	46	0,257	0,029
CO ₂	44	0,246	0,028
CH ₃ COOH	60	-	0,297
CH ₄	16	-	0,079

$$\begin{aligned}
 \text{Massa C}_2\text{H}_5\text{OH} &= \text{Mol mula-mula C}_2\text{H}_5\text{OH} \times \text{BM C}_2\text{H}_5\text{OH} \\
 &= 0,006 \times 46 \\
 &= 0,257 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= \text{Mol mula-mula CO}_2 \times \text{BM CO}_2 \\
 &= 0,006 \times 44 \\
 &= 0,246 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CO}_2 &= \text{Mol sisa CO}_2 \times \text{BM CO}_2 \\
 &= 0,001 \times 44 \\
 &= 0,028 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CH}_3\text{COOH} &= \text{Mol sisa CH}_3\text{COOH} \times \text{BM CH}_3\text{COOH} \\
 &= 0,005 \times 60 \\
 &= 0,297 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa CH}_4 &= \text{Mol sisa CH}_4 \times \text{BM CH}_4 \\
 &= 0,005 \times 16 \\
 &= 0,079 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

A.1.2.4 Reaksi Metanogenesis



	2n(CH ₃ COOH)	2n(CH ₄)	2n(CO ₂)
Mula-mula	0,005		
Reaksi	0,004	0,004	0,004
Sisa	0,001	0,004	0,004

Tabel A.8 Massa Komponen pada Reaksi Metanogenesis

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula	Sisa
CH ₃ COOH	60	0,297	0,034
CH ₄	16	-	0,070
CO ₂	44	-	0,193

Massa CH₃COOH = Mol mula-mula CH₃COOH × BM CH₃COOH
= 0,005 × 60
= 0,297 kg

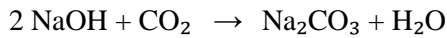
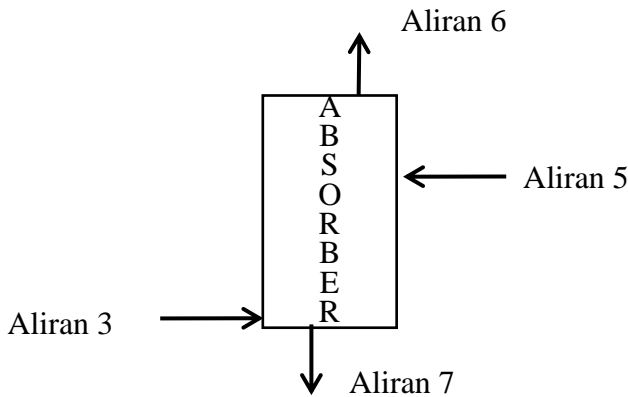
Massa CH₄ = Mol sisa CH₄ × BM CH₄
= 0,004 × 16
= 0,070 kg

Massa CO₂ = Mol sisa CO₂ × BM CO₂
= 0,004 × 44
= 0,193 kg

Tabel A.9 Neraca Massa Total

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
C ₆ H ₁₂ O ₆ C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁ H ₂ O	1,122 0,607 6,896	Gas	
		CH ₄	0,445
		CO ₂	0,659
		Sludge	
		H ₂ O	6,789
		C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,229
		C ₆ H ₁₂ O ₆	0,258
		C ₂ H ₅ OH	0,117
		CH ₃ COOH	0,128
Total	8,625	Total	8,625

A.2 Neraca Massa Absorber



	2 NaOH	CO ₂	Na ₂ CO ₃	H ₂ O
Mula-mula	0,030	0,015		
Reaksi	0,015	0,015	0,015	0,015
Sisa	0,015	0,000	0,015	0,015

Tabel A.10 Massa Komponen pada Absorber

Komponen	Berat Molekul	Mula-mula	Sisa
2 NaOH	40	0,060	0,611
CO ₂	44	0,659	0,013
Na ₂ CO ₃	106		1,555
H ₂ O	18		0,264

Karena menggunakan NaOH 10% maka jumlah NaOH yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{NaOH mula-mula} &= 0,015 \times 10\% \\ &= 0,001 \text{ kmol} \end{aligned}$$

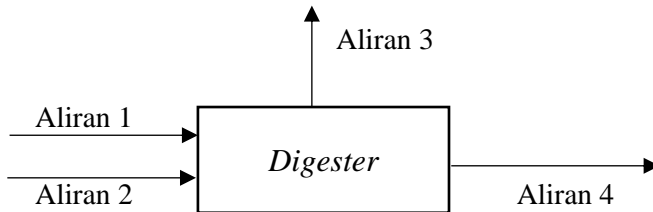
$$\begin{aligned} \text{H}_2\text{O mula-mula} &= 0,015 \times 90\% \\ &= 0,013 \end{aligned}$$

Tabel A.11 Neraca Massa Total

Masuk		Keluar	
Komponen	Massa (kg)	Komponen	Massa (kg)
C ₆ H ₁₂ O ₆	1,122	Gas	
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,607	CH ₄	0,445
H ₂ O	6,896	CO ₂	0,013
CH ₄	0,445	Sludge	
CO ₂	0,659	H ₂ O	6,789
NaOH	0,060	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,229
H ₂ O	0,237	C ₆ H ₁₂ O ₆	0,258
		C ₂ H ₅ OH	0,117
		CH ₃ COOH	0,128
		Na ₂ CO ₃	1,688
		H ₂ O	0,358
Total	10,026	Total	10,026

A.3 Neraca Massa Percobaan

Basis Perhitungan : 8,625 kg/hari



Neraca Massa Total

$$A_4 + A_3 = A_1 + A_2$$

Neraca Komponen

Aliran 1

Komponen	% Massa	kg/hari
C ₆ H ₁₂ O ₆	13,0089%	1,122017228
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	7,0420%	0,607368306
H ₂ O	79,9492%	6,895614467

Aliran 2

Komponen	kg/hari
Udara	0,004902

Aliran 3

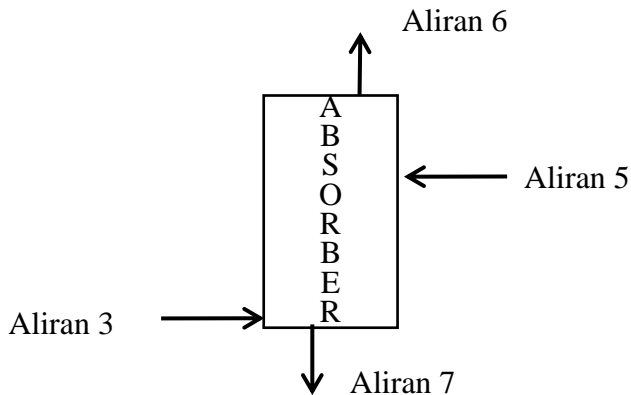
Kompo- nen	%volume	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	kg/hari
CH ₄	34,15%	0,3415143	0,717	0,2448658
CO ₂	15,37%	0,1536718	1,977	0,3038091
Udara	50,48%	0,5048138	1,29	0,6512098

Aliran 4

Komponen	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	kg/hari
Slurry	7,42	0,999	7,41258

Neraca Massa Total			
Masuk		Keluar	
Aliran 1		Aliran 3	
C ₆ H ₁₂ O ₆	1,122017228	CH ₄	0,244865753
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,607368306	CO ₂	0,303809149
H ₂ O	6,895614467	Udara	0,651209802
Aliran 2		Aliran 4	
Udara	0,004902	Slurry	7,41258
Total	8,629902	Total	8,612464704

A.4 Neraca Massa Absorber dalam Percobaan



Neraca Massa Total

$$A_6 + A_7 = A_3 + A_5$$

Neraca Komponen

Aliran 3

Komponen	%volume	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	kg/hari
CH ₄	34,15%	0,3415143	0,717	0,2448658
CO ₂	15,37%	0,1536718	1,977	0,3038091
Udara	50,48%	0,5048138	1,29	0,6512098

Aliran 5

Komponen	kg/hari
NaOH	0,8
H ₂ O	9,2

Aliran 6

Komponen	%volume	Volume (m ³)	Densitas (kg/m ³)	kg/hari
CH ₄	25,06%	0,2506	0,717	0,1796802
CO ₂	0,39%	0,0039	1,977	0,0077103
Udara	74,53%	0,7453	1,29	0,961437

Aliran 7

Komponen	kg/hari
Na ₂ CO ₃	0,713329
H ₂ O	0,1211313

	2 NaOH	CO ₂	Na ₂ CO ₃	H ₂ O
Mula-mula	0,020	0,007		
Reaksi	0,013	0,007	0,007	0,007
Sisa	0,007	0,0002	0,007	0,007

Neraca Massa Total			
Masuk		Keluar	
Aliran 3		Aliran 6	
CH ₄	0,24487	CH ₄	0,17968
CO ₂	0,30381	CO ₂	0,00771
Udara	0,65121	Udara	0,96144
Aliran 5		Aliran 7	
NaOH	0,80000	Na ₂ CO ₃	0,71333
H ₂ O	9,20000	H ₂ O	9,32113
Udara	0,31023	NaOH	0,26164
Total	11,51011	Total	11,44493

APPENDIKS B NERACA PANAS

B.1 Perhitungan Neraca Panas

Perhitungan C (kapasitas panas) menggunakan metode Kopp's

$$\frac{C_p}{J/(mol.K)} = \sum_{E=1}^N n_E \times \Delta E$$

Diketahui :

n_E : banyaknya unsur dalam senyawa tersebut

ΔE : kontribusi elemen

Berikut ini adalah data C_p menggunakan metode modifikasi Hukum Kopp's (Perry, ed.8)

Tabel B.1 *Heat Capacity of The Element* (J/mol°C)

Elemen	ΔE (J/mol°C)
C	10,890
H	7,560
O	13,420

Menghitung *heat capacity*

Tabel B.1.2 Menghitung *Heat Capacity*

Elemen	Jumlah Atom C	Jumlah Atom H	Jumlah Atom O	C_p (cal/g°C)
$C_6H_{12}O_6$	6	12	6	0,314
$C_{12}H_{22}O_{11}$	12	22	11	0,311

Perhitungan C₆H₁₂O₆

$$C_p = 6. \Delta E_c + 12. \Delta E_H + 6. \Delta E_O$$

$$C_p = 6(10,89) + 12(7,56) + 6(13,42)$$

$$C_p = 236,580 \text{ J/mol}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 56,543 \text{ cal/mol}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 0,314 \text{ cal/gram}^\circ\text{C}$$

Perhitungan C₁₂H₂₂O₁₁

$$C_p = 6. \Delta E_c + 12. \Delta E_H + 6. \Delta E_O$$

$$C_p = 12(10,89) + 22(7,56) + 11(13,42)$$

$$C_p = 444,620 \text{ J/mol}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 106,264 \text{ cal/mol}^\circ\text{C}$$

$$C_p = 0,311 \text{ cal/gram}^\circ\text{C}$$

Tabel B.1.3 Data Kapasitas Panas (C_p) Komponen

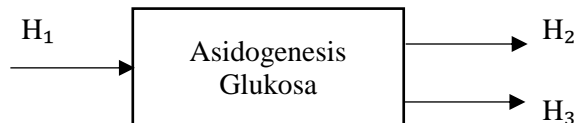
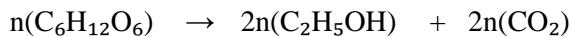
Komponen	C _p (cal/gram ^o C)	Referensi
C ₆ H ₁₂ O ₆	0,314	Metode Kopp's
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	0,311	Metode Kopp's
C ₂ H ₅ OH	0,580	Hougen (Table 23, 270)
CO ₂	0,202	Hougen (Table 23, 270)
CH ₃ COOH	0,491	Hougen (Table 23, 270)
CH ₄	0,534	Hougen (Table 23, 270)

Tabel B.1.4 Data *Heat of Formation* (ΔH_f) Senyawa

Komponen	ΔH_f (cal/mol)	Referensi
C ₆ H ₁₂ O ₆	-304326,000	<i>Thermodynamic Property</i>
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	-230202,000	Eugene Domalski
C ₂ H ₅ OH	-66326,482	<i>Thermodynamic Property</i>
CO ₂	-94051,147	<i>Thermodynamic Property</i>
CH ₃ COOH	-115730,402	<i>Thermodynamic Property</i>
CH ₄	-17829,800	<i>Thermodynamic Property</i>

B.1.1 Neraca Panas pada Glukosa

B.1.1.1 Reaksi Asidogenesis



Tabel B.1.5 Perhitungan H Reaksi Asidogenesis Glukosa Menjadi Etanol dan CO₂

T = 30 °C

T ref = 25 °C

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gram°C)	T-T ref (°C)	H (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	14,168	0,314	5	22,253
C ₂ H ₅ OH	6,373	0,580	5	18,480
CO ₂	6,096	0,202	5	6,154

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 14,168 \times 0,314 \times 5$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 22,253 \text{ cal}$$

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} &= m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}}) \\ \Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} &= 6,372569 \times 0,580 \times 5 \\ \Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} &= 18,480 \text{ cal}\end{aligned}$$

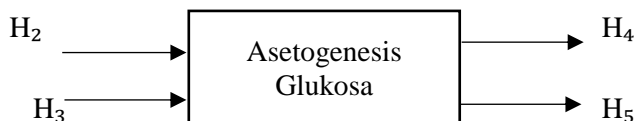
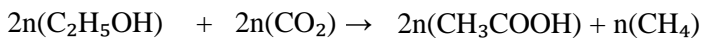
$$\begin{aligned}\Delta H \text{ CO}_2 &= m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}}) \\ \Delta H \text{ CO}_2 &= 6,096 \times 0,202 \times 5 \\ \Delta H \text{ CO}_2 &= 6,154 \text{ cal}\end{aligned}$$

Tabel B.1.6 Perhitungan ΔH_{25} Asidogenesis Glukosa

Komponen	Mol	Koefisien	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	0,069	1	-304326,000	-21079,766
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	0,139	2	-66326,482	-18376,960
CO_2	0,139	2	-94051,147	-26058,584
ΔH_{25}				-23355,778

$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R \\ \Delta H &= (18,480 + 6,154) + (-23.355,778) - 22,253 \\ \Delta H &= -23353,397 \text{ cal}\end{aligned}$$

B.1.1.2 Reaksi Asetogenesis



Tabel B.1.7 Perhitungan H Reaksi Asetogenesis Glukosa
Menjadi Asam Asetat dan CO₂

$$T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gram ^o C)	T-T ref (^o C)	H (cal)
C ₂ H ₅ OH	6,373	0,580	5	18,480
CO ₂	3,413	0,202	5	3,446
CH ₃ COOH	7,315	0,491	5	17,965
CH ₄	0,975	0,534	5	2,606

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = 6,373 \times 0,580 \times 5$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = 18,480 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 3,413 \times 0,202 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 3,446 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = 7,315 \times 0,491 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = 17,965 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 0,975 \times 0,534 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 2,606 \text{ cal}$$

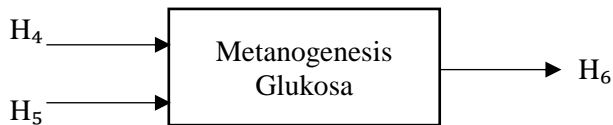
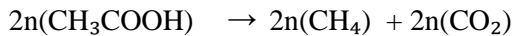
Tabel B.1.8 Perhitungan ΔH_{25} Asetogenesis Glukosa

Komponen	Mol	Koefisien	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	0,139	2	-66326,482	-9188,480
CO ₂	0,139	1	-94051,147	-13029,292
CH ₃ COOH	0,122	2	-115730,402	-14108,695
CH ₄	0,061	1	-17829,800	-1086,816
ΔH_{25}				7022,261

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (17,965 + 2,606) + 7.022,261 - (18,480 + 3,446)$$

$$\Delta H = 7020,905 \quad \text{cal}$$

B.1.1.3 Reaksi Metanogenesis**Tabel B.1.9** Perhitungan H Reaksi Metanogenesis Glukosa
Menjadi Etanol dan CO₂

$$T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gram ^o C)	T-T ref (°C)	H (cal)
CH ₃ COOH	7,315	0,491	5	17,965
CH ₄	1,716	0,534	5	4,586
CO ₂	4,720	0,202	5	4,765

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} &= m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}}) \\ \Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} &= 7,315 \times 0,491 \times 5 \\ \Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} &= 17,965 \text{ cal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ CH}_4 &= m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}}) \\ \Delta H \text{ CH}_4 &= 1,716493 \times 0,534 \times 5 \\ \Delta H \text{ CH}_4 &= 4,5862548 \text{ cal}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H \text{ CO}_2 &= m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}}) \\ \Delta H \text{ CO}_2 &= 4,720 \times 0,202 \times 5 \\ \Delta H \text{ CO}_2 &= 4,76541162 \text{ cal}\end{aligned}$$

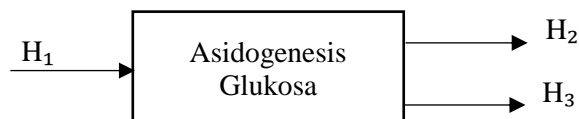
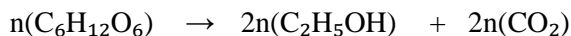
Tabel B.1.10 Perhitungan ΔH_{25} Metanogenesis Glukosa

Komponen	Mol	Koefisien	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
CH ₃ COOH	0,12191	2	-115730,402	-14108,695
CH ₄	0,1072808	2	-17829,800	-1912,795
CO ₂	0,1072808	2	-94051,147	-10089,884
ΔH_{25}				2106,016

$$\begin{aligned}\Delta H &= \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R \\ \Delta H &= (292206,098 + 1622,543 + 1685,926) - 5592,933 \\ \Delta H &= 2097,403 \text{ cal}\end{aligned}$$

B.1.2 Reaksi pada Maltosa

B.1.2.1 Reaksi Asidogenesis



Tabel B.1.11 Perhitungan H Reaksi Asidogenesis Maltosa
Menjadi Etanol dan CO

$$T = 30^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 25^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gram°C)	T-T ref (°C)	H (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	3,552	0,314	5	5,579
C ₂ H ₅ OH	3,195	0,580	5	9,267
CO ₂	3,056	0,202	5	3,086

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = m \times \text{Cp} \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 3,552 \times 0,314 \times 5$$

$$\Delta H \text{ C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 5,579 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = m \times \text{Cp} \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = 3,1954072 \times 0,580 \times 5$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = 9,2668099 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = m \times \text{Cp} \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 3,056 \times 0,202 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 3,08565056 \text{ cal}$$

Tabel B.1.12 Perhitungan ΔH_{25} Asidogenesis Maltosa

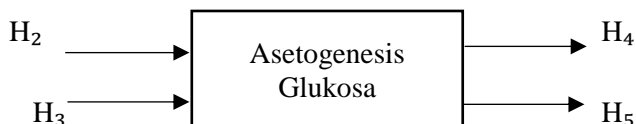
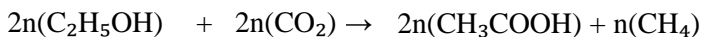
Komponen	Mol	Koefisien	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₆ H ₁₂ O ₆	0,020	1	-304326,000	-6005,716
C ₂ H ₅ OH	0,069	2	-66326,482	-4607,394
CO ₂	0,069	2	-94051,147	-6533,298
ΔH_{25}				-5134,976

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (9,266 + 3,085) + (-5.134,976) -5,579$$

$$\Delta H = -5128,203 \quad \text{cal}$$

B.1.2.2 Reaksi Asetogenesis



Tabel B.1.13 Perhitungan H Reaksi Asetogenesis Maltosa
Menjadi Asam Asetat dan CO₂

T = 30 °C

T ref = 25 °C

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gram°C)	T-T ref (°C)	H (cal)
C ₂ H ₅ OH	3,195	0,580	5	9,267
CO ₂	1,712	0,202	5	1,728
CH ₃ COOH	3,668	0,491	5	9,008
CH ₄	0,489	0,534	5	1,307

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = m \times \text{Cp} \times (\text{T-T ref})$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = 3,195 \times 0,580 \times 5$$

$$\Delta H \text{ C}_2\text{H}_5\text{OH} = 9,267 \quad \text{cal}$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = m \times \text{Cp} \times (\text{T-T ref})$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 1,712 \times 0,202 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 1,728 \quad \text{cal}$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = m \times \text{Cp} \times (\text{T-T ref})$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = 3,668 \times 0,491 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = 9,008 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 0,489 \times 0,534 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 1,307 \text{ cal}$$

Tabel B.1.14 Perhitungan ΔH_{25} Asetogenesis Maltosa

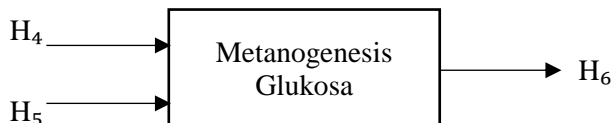
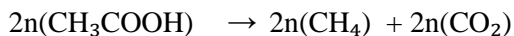
Komponen	Mol	Koefisien	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
C ₂ H ₅ OH	0,069	2	-66326,482	-4607,394
CO ₂	0,061	1	-94051,147	-5749,302
CH ₃ COOH	0,061	2	-115730,402	-7074,55
CH ₄	0,031	1	-17829,800	-544,964
ΔH_{25}				2737,188

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (9,008 + 1,307) + 2.737,188 - (9,267 + 1,728)$$

$$\Delta H = 2736,508 \text{ cal}$$

B.1.2.3 Reaksi Metanogenesis



Tabel B.1.15 Perhitungan H Reaksi Metanogenesis Maltosa
Menjadi Etanol dan CO₂

$$T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{ref}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Komponen	Massa (gram)	Cp (cal/gram ^o C)	T-T ref (^o C)	H (cal)
CH ₃ COOH	3,668	0,491	5	9,008
CH ₄	0,861	0,534	5	2,300
CO ₂	2,367	0,202	5	2,390

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = 3,668 \times 0,491 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CH}_3\text{COOH} = 9,008 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ CH}_4 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ CH}_4 = 0,8607038 \times 0,534 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CH}_4 = 2,29969291 \text{ cal}$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = m \times C_p \times (T - T_{\text{ref}})$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 2,367 \times 0,202 \times 5$$

$$\Delta H \text{ CO}_2 = 2,38952779 \text{ cal}$$

Tabel B.1.16 Perhitungan ΔH_{25} Metanogenesis Maltosa

Komponen	Mol	Koefisien	ΔH_f (cal/mol)	ΔH (cal)
CH ₃ COOH	0,061	2	-115730,402	-7074,545
CH ₄	0,054	2	-17829,800	-959,136
CO ₂	0,054	2	-94051,147	-5059,386
ΔH_{25}				1056,023

$$\Delta H = \Delta H_P + \Delta H_{25} - \Delta H_R$$

$$\Delta H = (2,300 + 2,390) + 1.056,023 - 9,008$$

$$\Delta H = 1051,704 \quad \text{cal}$$

B.2 Neraca Panas Total

Tabel B.2.1 Neraca Panas Total

Masuk		Keluar	
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	27,832	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	27,747
		CO_2	9,239
ΔH_{25}	-28490,755	ΔH	-28481,600
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	27,747	CH_3COOH	26,973
CO_2	5,174	CH_4	3,912
ΔH_{25}	9759,449	ΔH	9757,413
CH_3COOH	26,973	CH_4	6,886
ΔH_{25}	3162,039	CO_2	7,155
		ΔH	3149,107
Total	-15481,541	Total	-15575,080

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

VII.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Produksi rata-rata biogas pada variasi HRT (4,7,10 hari) adalah 337,2 ml, 359,7 ml, dan 370,5 ml. Dapat diketahui bahwa produksi biogas yang paling maksimum pada HRT 10 hari. Sehingga produksi rata-rata meningkat seiring dengan bertambahnya HRT.
2. Produksi akumulasi biogas pada variasi HRT (4,7,10 hari) adalah 3095 ml, 3290 ml, dan 3515 ml. Dapat diketahui bahwa produksi akumulasi biogas paling maksimum pada HRT 10 hari. Sehingga produksi akumulasi meningkat seiring dengan besarnya HRT. Kemudian hasil produksi yang paling besar dilanjutkan dengan proses pemurnian metode absorpsi dengan larutan NaOH.
3. Nilai persentase COD removal pada variasi HRT (4,7,10 hari) adalah 75,47% ; 83,40 % ; 88,67%. Dapat diketahui bahwa nilai persen COD removal yang paling tinggi terletak pada HRT 10 hari. Dengan demikian persen COD meningkat seiring dengan bertambahnya HRT.
4. Nilai pH akhir sludge pada variasi HRT (4,7,10 hari) adalah 8,69 ; 7,51 ; 7,45. Dapat diketahui bahwa nilai pH yang paling rendah terletak pada HRT 10 hari. Dengan demikian semakin lama HRT maka akan semakin kecil nilai pH sludge.
5. Komposisi gas pada HRT 10 hari tanpa pemurnian terdiri dari 34,15% metana, 16,45% karbon dioksida dan 50,48% udara. Sedangkan komposisi gas dengan pemurnian terdiri dari 25,06 % metana, 0,39% karbon dioksida dan 74,53% udara. Kandungan metana lebih besar pada biogas tanpa pemurnian, tetapi persentase karbondioksida sangat rendah pada biogas dengan proses pemurnian.



VII.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini antara lain :

1. Sludge yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerob dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair organik, sehingga memiliki nilai ekonomis yang tinggi.
2. Untuk hasil gas yang terbentuk lebih baik disimpan agar dapat dimanfaatkan sebagai cadangan bahan bakar.
3. Disarankan untuk menambahkan HRT lebih dari 10 hari. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kandungan gas yang masih bisa berproduksi lebih maksimal.
4. Agar dapat berproduksi lebih maksimal, bentuk dari reaktor dibuat sedemikian hingga tidak adanya kontaminasi udara yang menyebabkan hambatan pada pembuatan biogas.

DAFTAR PUSTAKA

- Cahyo, A. (2000). *Absorpsi Gas Karbondioksida Dengan Larutan Soda Api dalam Kolom Unggun tetap*. Forum Teknik Jilid 24.
- Deublein, D. (2008). *Biogas From Waste and Renewable Resource*. Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Dwi, D. (2012). *Analisis Dampak Adopsi Inovasi Program Biogas*. Surakarta.
- Frantenna, A. (2015). *Biogas*. Eprint Undip.
- Gustiar. (2014). *Reduksi Gas Metan dengan Meningkatkan komposisi konsentrasi Pakan Ternak Sapi*. Jurnal Peternakan Sriwijaya.
- Hadi, T. (2010). STUDI KARAKTERISASI POLYIMIDE MEMBRANES, POLYETHERSULFONE – POLYIMIDE COMPOSITE MEMBRANES, DAN POLYETHERSULFONE – ZEOLITE MIXED MATRIX MEMBRANES UNTUK PEMURNIAN BIOGAS. *Chemical Technology*.
- Harahap, F. M. (2009). *Pra Rancang Pabrik Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Listrik*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Haryati, T. (2007). *Biogas: Limbah PEternakan Yang Menjadi Sumber Energi Alternatif*. Bogor: Balai Peternakan.
- Hendri, A. (2010). *Pengembangan Biogas Berbahan Baku Kotoran Ternak Upaya mewujudkan Ketahanan Energi di Tingkat Rumah Tangga*.
- Maarif, F. (2009). *Absorpsi Gas Karbondioksida dalam Biogas dengan Larutan NaOH secara Kontinyu*. Semarang.
- Mayasari, H. D. (2010). *Pembuatan Biodigester dengan Uji Coba Kotoran Sapi sebagai Bahan Baku*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- Saputri, Y. F. (2014). Pemanfaatan Kotoran Sapi untuk Bahan Bakar PLT Biogas 80 KW di Desa Babadan Kecamatan Ngajum Malang. *Jurnal Teknik POMITS*, 1-6.
- Treyball. (1980). *Mass Transfer Operation*. New York: Mc Graw - Hill Book Co. Ltd.
- Wati, D. S. (2010). Pembuatan Biogas dari Limbah Cair Industri Bioetanol melalui Proses Anaerob. *Teknik Kimia*.

BIODATA PENULIS



Fanina Aulia Rachma, penulis dilahirkan di Surabaya, pada tanggal 3 Juni 1995. Dengan alamat rumah Jl. Panglima Polim Perumda Blok T-7 Bojonegoro. Penulis telah menempuh pendidikan formal di antaranya SDN Kadipaten 1 Bojonegoro, SMPN 1 Bojonegoro, SMAN 1 Bojonegoro, Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya, terdaftar dengan nomor 2313030052.

Selama kuliah penulis aktif mengikuti pelatihan-pelatihan, kegiatan seminar yang diselenggarakan baik oleh jurusan, fakultas, maupun institut dan aktif sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia bidang Hubungan Masyarakat (HUMAS) selama 2 tahun dan pengurus di Badan Koordinasi Kegiatan Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia selama 2 tahun. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Linde Group Gresik.

Email : faninaninanina@gmail.com

No.HP : 085733090822



Avidata Sarah Anggraeni, penulis dilahirkan di Surabaya, pada tanggal 31 Mei 1995. Dengan alamat rumah Jalan Simohilir Timur Blok 1-i No. 3 Surabaya. Penulis telah menempuh pendidikan formal di antaranya SDN. Dr. Sutomo VI/328 Surabaya, SMP Negeri 32 Surabaya, SMA Negeri 4 Surabaya, dan Diploma III Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya, terdaftar dengan nomor 2313030056.

Selama kuliah penulis aktif mengikuti pelatihan-pelatihan, kegiatan seminar yang diselenggarakan baik oleh jurusan, fakultas, maupun institut dan aktif sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa DIII Teknik Kimia bidang Hubungan Masyarakat (HUMAS) selama 2 tahun. Penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT. Semen Indonesia.

Email : avidatasarah@gmail.com

No.HP : 089677533345